# ZEITSCHRIFT

FÜR

# KRYSTALLOGRAPHIE

UND

# MINERALOGIE

UNTER MITWIRKUNG

ZAHLREICHER FACHGENOSSEN DES IN- UND AUSLANDES

HERAUSGEGEBEN

VON

**P. GROTH**

MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS
CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE

---

ACHTUNDVIERZIGSTER BAND

MIT 96 FIGUREN IM TEXT UND 10 LITHOGR. TAFELN

LEIPZIG

VERLAG VON WILHELM ENGELMANN

1911

# Inhaltsverzeichnis des achtundvierzigsten Bandes.


**Heft I.** (Geschlossen am 22. Januar 1910.) Seite

I. *A. Knopf* u. *W. T. Schaller*, Hulsit und Paigeït, zwei neue Zinn-Eisenborate. Mit 2 Textfiguren . . . . . 1

II. *W. T. Schaller* u. *F. L. Ransome*, Wismutocker. Mit 1 Textfigur . . . . . 16

III. *C. Blaß*, krystallogr.-opt. Untersuchungen organischer Verbindungen. Mit 23 Textfiguren . . . . . 20

IV. *F. Vetter*, Beiträge zur Kenntnis der Abscheidungen des kohlensauren Kalkes aus Bicarbonatlösungen. Mit Tafel I und 6 Textfiguren . . . . . 45

V. *Auszüge.*

1. *W. P. Blake*, Turmalin von Crown Point, N. Y. . . . . 110
2. *B. B. Boltwood*, die Radioactivität der Uranmineralien . . . . . 110
3. *T. L. Walker*, über die Mineralien Tungstit und Meymacit. . . . 110
4. *F. R. van Horn*, ein neues Vorkommen von Proustit und Argentit 110
5. *N. N. Evans* und *J. A. Bancroft*, das Vorkommen von Gedrit in Canada . . . . . 111
6. *B. Prescott*, Ilvait aus Shasta Co., Californien . . . . . 111
7. *E. T. Allen* und *J. K. Clement*, die Rolle des Wassers im Tremolit und einigen anderen Mineralien. . . . . 111
8. *H. S. Washington*, Kaersutit von Linosa und Grönland . . . . . 111
9. *F. E. Wright*, drei Contactmineralien von Velardeña, Durango, Mexico, (Gehlenit, Spurrit und Hillebrandit) . . . . . 113
10. *A. S. Eakle*, über einige Mineralien aus Californien . . . . . 114
11. *O. C. Farrington* und *E. W. Tillotson*, über verschiedene Mineralien aus der Sammlung in Chicago. . . . . 116
12. *H. F. Keller*, einige Kupfermineralien aus Chile. . . . . 117
13. *Wirt Tassin*, Calciumsulfid (Oldhamit) im Allegan-Meteoriten. . . 118
14. *Derselbe*, Chromeisenstein in Meteoriten . . . . . 118
15. *D. B. Sterrett*, Meerschaum in Neu-Mexico . . . . . 118
16. *H. S. Gale*, Carnotit und seine Begleiter in Western Routt County, Colorado. . . . . 118
17. *F. L. Hess*, Mineralien der seltenen Erdmetalle vom Barringer Hill, Llano County, Texas . . . . . 119
18. *F. E. Wright* und *C. W. Wright*, die Grubenbezirke Ketchikan und Wrangell in Alaska . . . . . 119
19. *F. L. Hess*, die Magnesitlager von Californien . . . . . 119
20. *A. Knopf*, Geologie der Zinnerzlager auf der Halbinsel Seward, Alaska . . . . . 119
21. *W. H. Emmons*, Genetische Classification der Mineralien . . . . 120

Seite

22. *J. F. Simpson*, die Beziehung zwischen Kupfer und Pyrit in den Blei-Kupfererzen von Butte, Montana . . . . . 120
23. *E. C. Sullivan*, Versuche über die Trennung der Bestandteile einer Lösung mit Hilfe der Filtration durch ein Mineralfilter . . . . . 120
24. *C. R. Keyes*, Entstehung der Silberlagerstätten von Lake Valley, Neu-Mexico . . . . . 121
25. *G. F. Kunz* und *H. S. Washington*, Diamanten in Arkansas . . . 121
26. *G. P. Merill*, der Meteor-Krater von Cañon Diablo, Arizona; seine Geschichte, Herkunft und die darin vorkommenden meteorischen Eisen 121
27. *A. L. Heister*, Vanadinitvorkommen bei Magdalena, Neu-Mexico . 121
28. *O. Veatch*, neues Vorkommen von Beauxit in Georgia . . . . . 122
29. *R. Arnold*, das Vorkommen des jüngst beschriebenen Edelsteins Benitoit . . . . . 122
30. *E.H.Kraus*, Deutung der chemischen Zusammensetzung des Benitoits 122
*W. C. Blasdale*, die chemische Formel des Benitoits. . . . . 122
31. *A. F. Rogers*, Notiz über die Krystallform des Benitoits . . . . . 122
32. *W. E. Ford*, Krystallform des Oxynitrohydrothymins $C_5H_7O_5N_3$ . . 122
33. *E. H. Kraus*, Krystallform von Marrubiin $C_{21}H_{28}O_4$ . . . . . 123
34. *W. F. Hillebrand*, der Einfluß des Pulverisierens auf den Gehalt der Mineralien und Gesteine an Wasser und Eisenoxydul. . . . 123
35. *C. W. Balke* und *E. F. Smith*, Krystallform einiger niobsaurer Salze 124
36. *E. T. Wherry* und *W. H. Chapin*, Borsäure in Vesuvian . . . . . 126
37. *E. T. Wherry* und *W. H. Chapin*, die Bestimmung von Borsäure in unlöslichen Silicaten . . . . . 127
38. *Ray S. Bassler*, die Bildung von Geoden, mit Bemerkungen über die Silificierung von Versteinerungen . . . . . 127

**Heft II.** (Geschlossen am 6. März 1910.)

VI. *C. Palache*, *L. La Forge* und *V. Goldschmidt*, Beiträge aus dem mineralogischen Museum der Harvard-Universität. (Notizen über die Krystallographie des Leadhillits.) Hierzu Tafel II und 1 Textfigur . . . . . 129
1. *C. Palache* und *L. La Forge*, Leadhillit von Utah . . . . . 129
2. *C. Palache*, Leadhillit von Nevada . . . . . 134
3. *C. Palache* und *V. Goldschmidt*, die Formenreihen des Leadhillits 140
VII. *W. T. Schaller*, Axinit von Californien . . . . . 148
VIII. *A. Fock*, über die Structur und die Symmetrie der Krystalle . . . . . 158
IX. *Stefan Kreutz*, Beiträge zur Kenntnis orientierter Überwachsungen . . . 183
X. *A. E. H. Tutton*, die Beziehung zwischen Thallium und den Alkalimetallen (Eine Untersuchung über Thallium-Zinksulfat und -Selenat.) Mit 5 Textfiguren. . . . . 190
XI. *C. Hlawatsch*, Bemerkungen zur Krystallform des Chalmersits und des Prehnits. Mit 1 Textfigur . . . . . 205
XII. *Auszüge.*
1. *L. Duparc* und Frl. *Kouropatwinska*, über die Stabilität und Labilität der isomorphen Körper . . . . . 210
2. *Bieler-Chatelan*, über den Dimorphismus des Schwefels . . . . . 210
3. *G. Césaro*, Tellur aus den Gruben von Balia (Klein-Asien). . . . 210
4. *Derselbe*, Doppelbrechung des Adulars, des Sanidins, des Thomsonits, des Willemits, des Mikrosommits und des Thomsenoliths 210

Seite

5. *F. Bordas*, Beitrag zum Studium der Bildung gewisser Edelsteine aus der Familie der Korunde . . . . . 212
6. *A. Lacroix*, über das Vorkommen von krystallisiertem Fluornatrium als Gesteinselement in den Nephelinsyeniten der Los-Inseln . . . . . 213
7. *J. Thoulet*, über das vermutliche Vorkommen von mikroskopischen Diamantkrystallen im Meeresboden und in der Humuserde . . . 213
8. *A. Duboin*, über die Anwendung einer allgemeinen Methode zur Darstellung von Fluorverbindungen und Silicaten auf das Thoroxyd 213
9. *P. Gaubert*, über den schraubenartigen Aufbau . . . . . 214
10. *Ph. Barbier*, über einen neuen Glimmer der Paragonitgruppe . . 214
11. *Derselbe*, über ein chemisches Unterscheidungsmerkmal zwischen Orthoklas und Mikroklin . . . . . 215
*Derselbe*, Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Kalifeldspäte . . . . . 215
12. *P. Gaubert*, über die flüssigen Krystalle der Äthersalze des Ergosterins . . . . . 215
13. *Derselbe*, über eine der Ursachen, welche die herrschenden Krystallformen modificieren, und über die festen Lösungen . . . . . 215
14. *P. Gaubert*, über die Formentracht der natürlichen Krystalle . . . 216
15. *G. Friedel*, Bemerkungen über die mittleren Indices der Krystallarten . . . . . 217
16. *A. Lacroix*, über das Chlornatrium der Oase von Bilma . . . . . 218
17. *Derselbe*, über einige Vanadate der Umgegend von Saïda (Oran) 218
18. *A. Lacroix* und *A. de Schulten*, Notiz über die bleihaltigen Mineralien der Schlacken von Laurium . . . . . 218
19. *A. Vigier*, über den Christianit von Rochenoire (Puy-de-Dôme) 220
20. *Ad. Carnot* und *A. Lacroix*, über die chemische Zusammensetzung des Morinits . . . . . 220
21. *F. Gonnard*, über die Cordieritgruppe des Puy-de-Dôme, der Loire und der Rhône . . . . . 221
22. *J. Deprat*, über die Zeolithe des Basaltes von Montresta (Sardinien) 221
23. *H. Ungemach*, krystallographische Notizen über den Baryt verschiedener Fundorte . . . . . 222

**Heft III.** (Geschlossen am 23. April 1910.)

XIII. *W. Arschinow*, über die Verwendung einer Glashalbkugel zu quantitativen optischen Untersuchungen am Polarisationsmikroskope. Mit einer Textfigur . . . . . 225
XIV. *K. Zimányi*, über den Pyrit von Sajóháza. Hierzu Tafel III . . . . . 230
XV. *V. Dürrfeld*, Herderit vom Epprechtstein mit neuen Formen und natürlichen Ätzfiguren. Mit 3 Textfiguren . . . . . 236
XVI. *C. Leiß*, neues Mikroskop, Modell VIb, für krystallographische und petrographische Studien. Mit 1 Textfigur . . . . . 240
XVII. *K. Heydrich*, über die Beziehung zwischen Dichte und optischem Brechungsvermögen bei festen krystallisierten isomeren organischen Verbindungen. Mit 11 Textfiguren . . . . . 243
XVIII. *Auszüge.*
1. *P. Termier*, über eine Lagerstätte von Alunit bei Réalmont (Tarn) 306

Seite

2. *F. Wallerant*, über eine neue krystallinische Modification des Eises 306
3. *P. Termier*, über große Turmalinkrystalle von Ankaratra (Madagaskar) . . . . . 307
4. *A. Lacroix*, die Mineralien der lithiumturmalinführenden Pegmatitgänge von Madagaskar . . . . . 307
*Derselbe*, über eine neue Mineralart und die Mineralien, welche dieselbe in den turmalinführenden Lagerstätten von Madagaskar begleiten . . . . . 307
5. *A. Lacroix*, die Mineralien, welche den Dioptas von Mindouli (Franz. Congo) begleiten . . . . . 310
*Derselbe*, über eine neue Mineralart von Französisch-Congo . . . 310
6. *A. Lacroix*, über ein Autunitvorkommen in Tonkin . . . . . 312
7. *Derselbe*, ergänzende Notiz über die Mineralien der Vesuv-Fumarolen 312
8. *J. Couyat*, der Cölestin und der Baryt von Ägypten . . . . . 313
9. *F. Gonnard*, über den Phillipsit des Mont Simiouse (Loire) . . . 313
10. *J. Deprat*, über einen neuen Fundort von Orthoklas auf Corsika 314
11. *L. Michel*, über das Vorkommen einiger Mineralien in den alten Schlacken der Bleierzschmelze von Poullaouen (Finistère) . . . . 314
12. *F. Gonnard*, krystallographische Notizen über die Kalifeldspäte . 314
13. *Derselbe*, über die Analogie gewisser Orthoklaszwillinge von Four-la-Brouque (Puy-de-Dôme) mit den Orthoklaszwillingen von Petschau (Böhmen) und denen des porphyrartigen Granits des Fichtelberges, welche von Tschermak resp. von G. Seligmann, V. Goldschmidt, Fr. E. Wright und W. Müller untersucht wurden . . . . . 314
14. *Derselbe*, Bemerkungen zu der Arbeit des Professors Ph. Barbier: »Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Kalifeldspäte«, und zu der Arbeit von Barbier und Prost: »Über die Existenz eines monoklinen, mit Orthoklas isomorphen Natronfeldspates« . . . . . 315
15. *A. Lacroix*, über einige radioactive Mineralien von Madagaskar . 315
16. *Derselbe*, über den Danburit von Madagaskar . . . . . 316
17. *Derselbe*, über den Tridymit des Vesuvs und über die Bildung dieses Minerals aus dem Schmelzfluß . . . . . 316
18. *J. Couyat*, über einige Mineralien aus Ägypten . . . . . 317
19. *A. Lacroix*, Materialien zur Mineralogie Frankreichs . . . . . 318
20. *Jean Becquerel* und *H. Kamerlingh Onnes*, über die Absorptionsspektra der Krystalle der seltenen Erden und über ihre Änderungen in einem magnetischen Felde bei den Temperaturen, wo der Wasserstoff flüssig und fest wird . . . . . 318

**Heft IV.** (Geschlossen am 26. Mai 1910.)

XIX. *A. Nold*, Grundlagen einer neuen Theorie der Krystallstructur. Mit Tafel IV und 2 Textfiguren . . . . . 321
XX. *W. J. Sokolow* und *D. N. Artemiew*, Direkte tabellarische Ablesung der Netzdichtigkeiten der Krystallflächen. Nebst Ergänzungsbemerkungen von *E. S. von Fedorow*. Mit 7 Textfiguren . . . . . 377
XXI. *E. von Fedorow*, Vollendung in der Entwicklung des Begriffs des kanonischen Paralleloëders . . . . . 400

Seite

XXII. *D. N. Artemiew*, die Krystallisation der Kugeln als eine besondere Methode der krystallographischen Forschung . . . . . 417

XXIII. *Auszüge.*

1. *A. Cotton* und *H. Mouton*, über die Orientierung der Krystalle durch das magnetische Feld. Wichtigkeit der optischen Eigenschaften der Suspensionen (liqueurs mixtes) vom Standpunkte der Krystallsymmetrie aus . . . . . 434
2. *V. Quittner*, Untersuchungen über die magnetischen Eigenschaften von Magnetitkrystallen . . . . . 435
3. *Z. v. Toborffy*, Beiträge zur Kenntnis der ungarischen Calcite und Gypse . . . . . 437
4. *F. Schafarzik*, mineralogische Mitteilungen . . . . . 438
5. *B. Mauritz*, über einen neuen Zeolithfundort (vorläufiger Bericht) 439
6. *A. Liffa*, Beiträge zur krystallographischen Kenntnis der ungarischen Pyrite . . . . . 441
7. *M. Löw*, die krystallographischen Verhältnisse der Cerussite von Rézbánya . . . . . 443
8. *St. Gaál*, die Dévaër Kupfergrube . . . . . 444
9. *J. Maros*, Pyrit von Déva, Comitat Hunyad, Ungarn . . . . . 445
10. *J. Loczka*, chemische Analyse des Plumosits von Felsöbánya . . 445
11. *Al. von Kalecsinszky*, Mitteilungen aus dem chemischen Laboratorium der kgl. ungar. geologischen Anstalt. XV. Reihe . . . . 446
12. *L. Benedek*, über die chemische Constitution des Pyrits und Braunsteins . . . . . 447
13. *L. Sz. Szathmáry*, das Vorkommen der Calciumsilikate im Cement. *Derselbe*, Studien und kritische Betrachtungen über die Constitution des Cementes . . . . . 448

**Heft V.** (Geschlossen am 6. Mai 1910.)

XXIV. *F. N. Guild*, Pneumatolytische Hornblende vom Mont Dore, Département Puy-de-Dôme, Frankreich. Mit 5 Textfiguren . . . . . 449

XXV. *W. E. Ford*, über einige bemerkenswerte Zwillinge von Atacamit und einige andere Kupfermineralien von Collahurasi, Provinz Tarapacá, Chile. Mit 12 Textfiguren . . . . . 452

XXVI. *Derselbe*, über den Einfluß der Gegenwart von Alkalien in Beryll auf dessen optische Eigenschaften . . . . . 462

XXVII. *O. B. Böggild*, über die Krystallform des Mikroklins . . . . . 466

XXVIII. *V. Goldschmidt* und *Frdr. C. Müller*, Hambergit aus Madagaskar. Mit einem Anhang von *Frdr. C. Müller*. Hierzu Tafel V und VI . . . . 473

XXIX. *A. Kretschmer*, Analyse und chemische Zusammensetzung der Fahlerze. Mit 1 Textfigur . . . . . 484

XXX. *Kürzere Originalmitteilungen und Notizen.*

1. *E. von Fedorow*, Aufruf an die Herren Collegen. . . . . 514
2. *W. J. Lewis*, Wiltshireït, ein neues Mineral. . . . . 514
3. *E. Sommerfeldt*, zum Dimorphismus des Salmiaks. Hiezu Tafel VII. 515
4. *F. Vetter*, Berichtigung zu meiner Arbeit: »Beiträge zur Kenntnis der Abscheidungen des kohlensauren Kalkes aus Bicarbonatlösungen« . . . . . 517

XXXI. *Auszüge.*

Seite

1. *F. Becke*, zur Physiographie der Gemengteile der krystallinen Schiefer . . . . . 518
2. *Z. Weyberg*, Krystalle der tetragonal-bisphenoidischen Klasse . . 519
3. *J. Morozewicz*, über die chemische Zusammensetzung des Nephelins 520
4. *Derselbe*, Beiträge zur Kenntnis des kohlensauren Calciums . . . 522
5. *Derselbe*, Versuch einer rationellen Terminologie von Alumosilicaten . . . . . 523
6. *L. Bruner* und *St. Tołłoczko*, über die Auflösungsgeschwindigkeit fester Körper . . . . . 524
7. *K. Zimányi*, über ein Aluminiumphosphat von Vashegy im Comitate Gömör . . . . . 525
8. *G. Flink*, Beiträge zur Mineralogie Schwedens . . . . . 526
9. *O. B. Böggild*, über Gyrolith von Grönland . . . . . 534
10. *A. G. Högbom*, über einige lamellare Mineralverwachsungen mit Kalkspat . . . . . 536
11. *Thorolf Vogt*, Schwerspat aus norwegischen Vorkommen . . . . . 536
12. *A. Atterberg*, über die Natur der Thone . . . . . 540
13. *Derselbe*, Analyse und Classification der Thone . . . . . 540
14. *Derselbe*, Analyse von drei Lateriten aus Brasilien . . . . . 540
15. *L. H. Borgström*, mineralogische Notizen . . . . . 540
16. *G. Flink*, über Quarzkrystalle von Pisavuori im Kirchspiel »Nilsiä«, Finnland . . . . . 541
17. *Zd. Jaroš*, Beitrag zur Morphologie des böhmischen Antimonites. 541
18. *B. Ježek*, über den Braunit aus Minas Geraës . . . . . 543

**Heft VI.** (Geschlossen am 1. August 1910.)

XXXII. *W. T. Schaller*, Ludwigit von Montana, U. S. A. . . . . 545
XXXIII. *Derselbe*, krystallographische Notizen über Albit, Phenakit und Neptunit . . . . . 550
XXXIV. *Derselbe*, über die wahrscheinliche Identität von Podolit und Dahlit 559
XXXV. *Derselbe*, die chemische Zusammensetzung von Jamesonit und Warrenit 562
XXXVI. *L. H. Borgström*, krumme Krystallflächen an der Phtalsäure. Mit 4 Textfiguren . . . . . 566
XXXVII. *V. Pöschl*, Beiträge zur Kenntnis der Minerale der Pyrit- und Markasitgruppe. Mit 9 Textfiguren . . . . . 572
XXXVIII. *R. Görgey* und *V. Goldschmidt*, über Datolith. Mit Tafel VIII bis X und 1 Textfigur . . . . . 619
XXXIX. *Auszüge.*
1. *V. Rosický*, krystallographische Notizen . . . . . 656
2. *B. Ježek*, über den Hamlinit aus Brasilien . . . . . 660
3. *L. J. Spencer*, über den Hopeït und andere Zinkphosphate, mit den begleitenden Mineralien von den Broken Hill-Gruben, Nordwest-Rhodesia. . . . . 661
4. *H. A. Miers*, Notiz über die Krystallisation von doppelchromsaurem Kali . . . . . 664
5. *H. J. Johnston-Lavis* und *L. J. Spencer*, über den Chlormanganokalit, ein neues Mineral vom Vesuv; nebst Bemerkungen über die begleitenden Mineralien . . . . . 664
6. *W. J. Lewis*, über einige Kalkspatzwillinge und eine einfache Me-

Seite

thode für die Zeichnung von Kalkspatkrystallen und zur Ableitung der Verhältnisse ihrer Symbole . . . . . 665
7. *G. T. Prior* und *F. Zambonini*, über den Strüverit und dessen Beziehung zum Ilmenorutil . . . . . 666
8. *G. Barrow* und *H. H. Thomas*, über das Vorkommen von metamorphen Mineralien in Kalkgesteinen in der Umgegend von Bodmin und Camelford in Cornwall . . . . . 667
9. *A. B. Dick*, ergänzende Notizen über den Kaolinit . . . . . 668
10. *F. H. Butler*, über Kaolinbildung und andere Umwandlungsprozesse in den Gesteinen West-Englands . . . . . 669
11. *L. Fletcher*, über die Möglichkeit des Vorhandenseins einer Nickeleisenverbindung ($Fe_5 Ni_3$) im Meteoreisen von Youndegin und im Meteorstein von Zomba . . . . . 669
12. *G. F. H. Smith*, Notiz über synthetischen Korund und Spinell . . 670
13. *H. L. Bowman*, über die Structur des Perowskits von der Burgumer Alpe, Pfitsch-Tal, Tirol . . . . . 670
14. *Derselbe*, ein Nebenapparat zum Gebrauch mit dem Goniometer bei der Messung von Krystallen mit zusammengesetzten (gestreiften) Flächen . . . . . 672
15. *T. H. Havelock*, über die Dispersion der Doppelbrechung in ihrer Beziehung auf die Structur der Krystalle . . . . . 673
16. *C. A. Parsons* und *A. A. C. Swinton*, die Umwandlung von Diamant in Koks, durch Kathodenstrahlen im hohen Vacuum . . . . . 673
17. *W. J. Sollas*, über die innere Structur der Krystalle. Sechste Mitteilung. Die Titansäure, ihre Polymorphie und Isomorphie . 673
18. *U. Behn*, über die polymorphen Umwandlungen von Ammoniumnitrat 674
19. Sir *W. Crookes*, über das Scandium . . . . . 675
20. *G. Jerusalem* und *W. J. Pope*, über die Beziehung zwischen Krystallform und chemischen Eigenschaften der Pikrylderivate . . . . . 675
21. *R. J. Strutt*, Helium und Radioactivität in seltenen und in gewöhnlichen Mineralien . . . . . 676
22. *R. M. Deeley*, über die Zähigkeit des Eises . . . . . 676
23. *R. J. Strutt*, über das in den Mineralien der Salzlagerstätten vorhandene Helium und dessen wahrscheinliche Beziehung zum Kalium 676
24. *S. W. J. Smith*, die thermomagnetische Analyse von meteorischen und künstlichen Nickel-Eisenlegierungen . . . . . 677
25. *A. Hutchinson*, die chemische Zusammensetzung und die optischen Eigenschaften von Dolomitkrystallen aus Algier . . . . . 678
26. *R. M. Deely*, über Gletscherkörner . . . . . 678
27. *T. Crook*, über den Gebrauch des Electromagneten in der Petrographie . . . . . 678
*Derselbe*, einfache Form des permanenten Magneten zur Trennung schwach-magnetischer Mineralien . . . . . 678
28. *A. Hutchinson* ein Doppelsulfat von Guanidin und Thonerde . . 679
29. *W. M. Page*, über die Variation der Absorptionsstreifen eines Krystalls im Magnetfelde . . . . . 679
30. *G. Hickling*, über die Beschaffenheit und die Entstehung des Porzellanthons (China Clay) . . . . . 679
31. *T. L. Walker* und *W. H. Collins*, über sapphirinführende Gesteine aus den Hill Tracts, District Vizagapatam, Präsidentschaft Madras 680

Seite

32. *A. W. G. Bleeck*, über Rubine in den Kachin Hills, Ober-Birma . . 681
33. *Derselbe*, über Jadeït in den Kachin Hills, Ober-Birma . . . . . 681
34. *M. Stuart*, über die Bildung von Alunogen auf einem Meteorit . 682
35. *F. D. Adams* und *A. E. Barlow*, die Nephelin- und begleitenden Alkalisyenite vom östlichen Ontario . . . . . 682
36. *R. P. D. Graham*, über den Dawsonit, ein Natriumthonerdecarbonat 683
37. *C. Anderson*, mineralogische Notizen. No. VI. Topas, Beryll, Anglesit, Rutil, Atacamit, Pyrit . . . . . 684
38. *H. G. Foxall*, über das Vorkommen von Augitkrystallen zu Gerringong, Neu-Süd-Wales . . . . . 685
39. *W. G. Woolnough*, über einige einfache Modelle zum Gebrauch beim krystallographischen Unterricht . . . . . 685
40. *M. Ogawa*, Notiz über ein neues im Thorianit aufgefundenes Element 685
*Derselbe*, Notiz über ein neues mit dem Molybdän verwandtes Element . . . . . 685
41. *F. M. Jaeger*, krystallographische Untersuchung organischer Verbindungen . . . . . 685
42. *Ph. Barbier*, Mineralanalysen . . . . . 685
43. *Ph. Barbier* und *A. Prost*, über die Existenz eines monoklinen, mit Orthoklas isomorphen Natronfeldspates. . . . . 688
44. *C. Vallée*, Krystallform des Phenylurethans des Weinsäuremethylesters $(CH_3)\ CO_2 \cdot CHO\ (CONHC_6H_5) \cdot CHO\ (CONHC_6H_5) \cdot CO_2\ (CH_3)$ . . . . . 689
45. *D. Gernez*, Untersuchungen über die Triboluminescenz . . . . . 689
46. *A. C. Cumming*, Malakon, ein Zirkoniumsilicat . . . . . 690
47. *F. Isaac*, die Temperaturen der spontanen Krystallisation gemischter Lösungen und ihre Bestimmung mit Hilfe des Brechungsindex. Gemischte Lösungen von Natriumnitrat und Bleinitrat . . . . . 690
48. *H. Hartley*, *B. M. Jones* und *G. A. Hutchinson*, die spontane Krystallisation von Natriumsulfatlösungen . . . . . 691
49. *G. Jerusalem*, Krystallform von Trimethylbrasileïn $C_{16}H_9O_2(OCH_3)_2$ 692
50. *R. Threlfall*, Apparat für Versuche bei hohen Temperaturen und großen Drucken und dessen Verwendung zum Studium des Kohlenstoffs . . . . . 692
51. *W. J. Lewis*, Krystallform einiger Platincyanüre . . . . . 692
52. *J. E. Mackenzie* und *H. Marshall*, die Trithionate und Tetrathionate der Alkalimetalle . . . . . 693
53. *B. M. Jones*, die spontane Krystallisation einiger Alkalinitratlösungen . . . . . 694

*Autorenregister* . . . . . 695
*Sachregister* . . . . . 701
*Berichtigungen* . . . . . 712
*Mitteilung der Redaction* . . . . . 713

# I. Hulsit und Paigeït, zwei neue Zinn-Eisenborate.

Von

**A. Knopf** und **W. T. Schaller** in Washington [1]).

(Mit 2 Textfiguren.)

---

Das Material für die folgende Abhandlung hat der eine von uns (Knopf) im Sommer 1907 gesammelt, als er im Auftrage der U. S. Geological Survey die Zinnerzlager von Alaska untersuchte. Den chemischen und krystallographischen Teil bearbeitete W. T. Schaller.

Die hinsichtlich ihrer wirtschaftlichen Bedeutung wohlbekannten Zinnerzlager von Alaska sind beschränkt auf den äußersten westlichen Teil der Halbinsel Seward, 100 Meilen nordwestlich von der Stadt Nome. Sie stehen in Beziehung zu Granitmassiven, welche in paläozoische Kalke eingedrungen sind. Entlang den Rändern der Granitstöcke haben häufig intensive pneumatolytische Contactwirkungen stattgefunden und zur Entstehung zahlreicher Mineralien Anlaß gegeben. Der größte Granitstock ist jener des Brooks Mountain; an seinem Rande haben die stärksten Wirkungen stattgefunden. Der Granit zeigt eine körnige porphyrische Ausbildung und besteht aus großen Orthoklaskrystallen (ein Zoll im Durchmesser) und Rauchquarzkrystallen (einen halben Zoll groß), eingebettet in eine körnige bis feinkörnige Grundmasse aus Feldspat, Quarz und Biotit. An den Rändern ist der Granit oft stark turmalinisiert. In Verbindung mit diesem besonderen Granitstock findet man Zinnerzlager nicht, wohl aber einige Meilen südlich davon in Verbindung mit einer kleineren Eruptivmasse.

Am nordwestlichen Ausläufer des Brooks Mountain fand man beim Bau eines Schürfschachtes eine Stelle im marmorisierten Kalkstein, zehn Fuß vom Contact entfernt, welche Contactmineralien aufwies. Es waren darunter beträchtliche Mengen eines unbekannten Minerals, welches sich später als borhaltig erwies. Wir schlagen hierfür den Namen Hulsit vor, zu Ehren des Geologen Herrn A. Hulse Brooks.

---

1) Übersetzt von B. Goßner.

Das Handstück zeigt in körnigem weißem Calcit braungrünen Vesuvian, Magnetit, Hulsit und selten braunen Granat; gelegentlich sieht man etwas Flußspat. Die charakteristischen Formen des Vesuvians sind $a\{100\}$, $m\{110\}$, $f\{120\}$, $c\{001\}$, $p\{111\}$, $t\{331\}$; weniger hervortretend sind $h\{130\}$, $\delta\{113\}$, $i\{112\}$ und $b\{221\}$. Mit Fluoritgemisch erhält man deutlich die Borflamme; das Mineral enthält 0,89 % $B_2O_3$ und gehört wahrscheinlich der Varietät Wiluit an. Der Magnetit zeigt groß $o\{111\}$, $m\{311\}$, klein $a\{100\}$ und $d\{110\}$. Hulsit findet sich sehr reichlich und ist oft verwachsen mit Magnetit und Vesuvian. Charakteristisch ist ein stark halbmetallischer Glanz, eine schwarze Farbe, eine gute prismatische Spaltbarkeit und eine Tendenz zu tafeliger Ausbildung. In seiner verwitternden Oberfläche ist er sehr ähnlich dem Magnetit und man kann ihn leicht auf den ersten Blick mit diesem Mineral verwechseln. Die tafeligen Individuen haben eine sehr wechselnde Dicke, von einem Bruchteil eines Millimeters bis über 1 cm. Einige weitere Eigenschaften erkennt man unter dem Mikroskope. Man sieht etwas Diopsid neben den schon genannten Mineralien. Der Hulsit ist ganz undurchsichtig und erscheint im reflectierten Lichte schwarz. Im Dünnschliffe erkennt man oft die innige Verwachsung mit Magnetit, welcher sich durch seine lebhafte metallische Reflexion unterscheiden läßt.

Das zweite Mineral, welches wir zu Ehren des Geologen Herrn S. Paige Paigeït nennen, fanden wir an zwei Stellen, beim Brooks Mountain in losen Blöcken und beim Ear Mountain, 40 Meilen nordöstlich davon, auf ursprünglicher Lagerstätte. Es ist ein glänzendes, kohlschwarzes Mineral von blätteriger Beschaffenheit. Das Material vom Brooks Mountain haben wir analysiert. Ein Dünnschliff des Muttergesteins zeigt Vesuvian, Calcit, Hedenbergit, etwas Biotit und einzelne Körner von Arsenopyrit. Paigeït findet sich reichlich und durchsetzt oft in haarartigen Formen die Begleitmineralien. Er ist undurchsichtig und erscheint im reflectierten Lichte schwarz. Andere contactmetamorphe Kalke aus der Umgebung zeigten folgende Mineralcombination: Chondrodit, Spinell, Magnetit und Calcit; ein faseriges grünes Bormineral, ähnlich dem Ludwigit und Bleiglanz; eisenreiche Zinkblende, Bleiglanz, Pyrrhotin, Diopsid, Kalkfeldspat, Flußspat und Calcit.

Beim Ear Mountain hat ein Granitmassiv Kalksteine stark metamorphosiert unter Umbildung zu Kalksilicathornfels. Einzelne Gesteine weisen Flecke von Paigeït und Chalkopyrit auf. Der Hornfels besteht aus wirren Aggregaten von Calcit, zonal gebändertem Turmalin (pleochroïtisch in blauen und braunen Tönen), Vesuvian, Flußspat und Zoisit, mit accessorischem Phlogopit, Chalkopyrit und Magnetit. Fasern und matt erscheinende Aggregate von Paigeït sieht man eingebettet in die verschiedenen Mineralien, besonders in Turmalin und Calcit. In Gesellschaft mit dem paigeïtführenden Hornfels findet man einen Turmalin-Skapolith-Pyroxen-Hornfels, welcher die Chlor-

reaction gibt. Aus der Paragenesis folgt, daß der Paigeït das Product magmatischer Dämpfe ist, welche Fluor, Bor, Eisen und Zinn enthielten.

## Die chemische Untersuchung.

Allgemeines. Unsere Borate haben eine sehr ähnliche chemische Zusammensetzung und enthalten Eisenoxydul, Eisenoxyd, Magnesium, Zinn, Wasser, Borsäure; aus dem in Salzsäure löslichen Teile der Gangart stammen Kieselsäure, Thonerde und Kalk.

Anfänglich[1]) hatten wir den Borsäuregehalt viel zu hoch gefunden. Herr Prof. Clarke machte uns auf eine neu ausgearbeitete Methode aufmerksam; wir konnten dann die erneute Borsäurebestimmung nach einer Methode von E. T. Wherry und W. H. Chapin[2]) ausführen. Bei der weiteren Untersuchung fanden wir nun auch eine bestimmbare Menge Zinn in beiden Mineralien. Um die Zusammensetzung der beiden Mineralien endgültig zu ermitteln, mußten wir also unsere früheren Analysen einer Revision und Ergänzung unterziehen.

Nach ziemlich mühsamer Arbeit erhielten wir die im folgenden mitgeteilten Resultate; aber auch diese erscheinen noch sehr lückenhaft. Eine Nachprüfung aller chemischen Ergebnisse erscheint sehr wünschenswert; aber dazu bedürfte es einer großen Menge ganz reinen Materials.

Bei unserer Untersuchung wirkten zwei Umstände sehr nachteilig; es waren dies die geringe Materialmenge und dann die nicht zu vermeidende Anwesenheit fremder Substanzen in beträchtlicher Menge. Beim Hulsit mußte weniger als ein Gramm (frei von Magnetit), beim Paigeït mehrere Gramme, so rein wie möglich, ausreichen. Verschiedene Fragen tauchten erst auf, nachdem einzelne Bestimmungen gemacht waren; aber dann hatten wir nicht mehr die nötige Materialmenge. Manche Analysenproben ergaben Schwankungen infolge eines verschiedenen Reinheitsgrades oder infolge isomorpher Vertretungen im Mineral selbst. Alle diese Punkte lassen unsere Resultate unbefriedigend erscheinen.

Die Beschaffenheit der Gangart werden wir kurz beschreiben, ebenso einzelne der benutzten analytischen Methoden, damit man die Grundlagen für unsere Formeln erkennen kann.

Gangart. Die Gangart bilden die verschiedenen Begleitmineralien unserer Borate, soweit sie nicht zu entfernen waren. Reines Analysenmaterial konnten wir nicht gewinnen; die Gangart machte 10—30 % aus. Diese setzte sich zusammen aus Vesuvian, Magnetit, Calcit und möglicherweise noch anderen Mineralien. Eines der Mineralien war immer beigemengt. Dem Hulsit ist fast immer Magnetit beigemengt; Hulsit ohne

1) Am. Journ. Sc. 1908, **25**, 323.
2) Journ. Am. Chem. Soc. 1908, **30**, 1687.

Magnetit ist ganz selten. Das Material wurde zerbrochen und der Hulsit mit der Lupe ausgesucht; dann benutzten wir den Magneten und erhielten so weniger als ein Gramm von nichtmagnetischem und magnetitfreiem Material. Die noch beigemengte beträchtliche Menge Gangart bestand vorwiegend aus Vesuvian und Calcit. Die Probe (später unter Nr. 3 aufgeführt) diente für unsere neuen Analysen. Die Paigeïtproben bilden mehrere über einen Zoll dicke Stücke eines schwarzen dichten Minerals von lamellarer oder radialfaseriger Structur. Innig damit vermengt ist die Gangart von bräunlicher Farbe, wahrscheinlich infolge eines Gehaltes an Eisenoxyd. Im Dünnschliffe bildet der Paigeït kleine Fasern und unregelmäßige Massen, in den anderen die Gangart bildenden Mineralien. Deswegen enthalten die Proben immer noch in beträchtlicher Menge fremde Substanzen, im allgemeinen 20 %, auch wenn man noch so sorgfältig den schwarzen Paigeït aussucht. Auch etwas Arsenopyrit findet sich, wenn man auch mit dem bloßen Auge nichts wahrnimmt. Nach dem Auflösen in Salzsäure sieht man den Arsenopyrit leicht in dem weißlichen Rückstand. Calcit und Magnetit scheinen bei den dichten Paigeïtproben fast ganz zu fehlen.

Nach der mikroskopischen Prüfung ist beim Paigeït die Gangart oder der weißliche Rückstand in der Hauptsache Vesuvian; etwas Arsenopyrit, Turmalin und Flußspat scheinen dabei zu sein. Beim Auflösen des Paigeït in Salzsäure bleiben diese Mineralien als Rückstand und man kann leicht davon abfiltrieren. Drei Beobachtungen deuten jedoch darauf hin, daß auch die Gangart von Salzsäure beträchtlich angegriffen wird. Zunächst fanden wir über 3 % Kieselsäure im Salzsäureauszug bei einer Probe. Möglicherweise könnte die Kieselsäure zum Borat gehören und Zinn isomorph vertreten; weit wahrscheinlicher stammt sie jedoch aus der Gangart. Die hohen Werte bei der gewichtsanalytischen Bestimmung von $R_2O_3$ (immer einige Procent höher als der Gesamtgehalt an Eisen) rühren ohne Zweifel von Kieselsäure und Thonerde aus der Gangart her. In zweiter Linie fanden wir unter dem Mikroskop, daß etwas Gangart durch Eisenchlorid gelb gefärbt wird. Die Färbung verschwindet nicht mit Salzsäure und es scheint, als ob die Gangart zum Teil aus einer kolloidalen Substanz besteht oder von einer Schicht einer solchen überzogen ist, welche imstande ist, Eisenchlorid zu adsorbieren. Krystallisierter Vesuvian vermag Eisenchlorid nicht festzuhalten. Nach einer dritten Beobachtung enthält die Gangart noch eine beträchtliche Wassermenge selbst nach längerem Erhitzen auf 110°; das letzte Wasser geht erst bei dunkler Rotglut weg. Unangegriffene Gangart sollte beinahe alles Wasser bei 110° verlieren.

Procente der unlöslichen Gangart nach dem Trocknen bei 110° und nach vorsichtigem Glühen (Paigeït):

| | Nr. 5. | Nr. 6. | Nr. 7. |
|---|---|---|---|
| Unlöslich bei 110° getrocknet | 20,24 | 20,60 | 19,29 |
| Unlöslich geglüht | 17,32 | 17,51 | 16,99 |

Auch die Gegenwart einer ziemlichen Menge Calcium, welches in manchen reineren Proben unseres Minerals fehlte, deutet auf eine Zersetzung der Gangart hin. Die so in Lösung gehenden Bestandteile, Kieselsäure und Basen, erschweren eine Deutung der Analysen sehr.

Beim Glühen eines Gemenges von Vesuvian und Arsenopyrit nimmt das Gewicht ab. Der Arsenopyrit geht ganz über in $Fe_2O_3$; dieses Ferrioxyd wiegt ungefähr halb soviel wie der Arsenopyrit, wie folgende Gleichung zeigt:

$$2FeAsS + 10O = Fe_2O_3 + As_2O_3 \text{ und } 2SO_2.$$

Also geht das halbe Gewicht des Arsenopyrits beim Glühen verloren. Vesuvian verliert ca. 2 % $H_2O$. Bei 15 % im analysierten Material würde ein Betrag von 0,3 % sich berechnen. In den ursprünglichen Paigeïtproben finden sich 2 % Arsenopyrit; beim Glühen der Gangart müßte ein Gesamtverlust von 1,3 % eintreten. Dieser Wert ist also zu dem Werte des geglühten Rückstandes zu addieren, wie bei den mitgeteilten Analysen geschehen ist.

Calcit ist nur ganz wenig vorhanden und nie bestimmt worden. Am größten war der Gehalt bei der letzten (Nr. 3) Probe des Hulsits. Der Magnetit wurde immer mit Hilfe des Magneten entfernt, außer beim Magnetit-Hulsitgemenge der Probe Nr. 2.

Analytische Methoden. Eisenoxydul bestimmten wir nach einer Modification der Methode von Pratt[1]). Die beiden neuen Borate lösen sich leicht in Flußsäure. Das Pulver war immer gröber als der Korngröße von 100 Maschen entsprach, beim Paigeït gröber als 60 Maschen; beim Pulverisieren trat also nur geringe Oxydation ein. Die Oxydation bei unseren Boraten kann aber auch eine beträchtliche werden[2]). Beim Paigeït sank der Wert für $FeO$ von 44,48 % (bei $< 20 >$ 60 Maschen) auf 39,39 % im feingepulverten Zustande. Einige Angaben über diesen Gegenstand lieferten uns die neuen Borate und auch der analoge Ludwigit aus Ungarn:

Paigeït: erste Probe.

| | Methode von Cook: | Methode von Pratt: |
|---|---|---|
| % $FeO$ ($< 40 >$ 60 Maschen) | 43,91 | 43,87 |
| Dann eine Stunde gerieben | 40,88 | 41,38 |
| Eine zweite Stunde gerieben | 39,98 | 40,23 |
| Fünf weitere Stunden gerieben | 39,59 | 39,78 |

1) U. S. Geolog. Surv. 1907, Bull. Nr. **305**, 138.

2) Daß eine solche Oxydation eintreten kann, hat neuerdings Mauzelius, Sverig. Geol. Undersökning Jaarb. 1907, **1**, Nr. 3 gezeigt.

Paigeït: zweite Probe.

| | | |
|---|---|---|
| $\%\ FeO$ (< 20 > 40 Maschen) | 44,30 | — |
| Eine Stunde lange gerieben | 42,24 | — |
| Fein zerrieben | 39,39 | — |

Ludwigit mit 16 % *FeO* lieferte folgende Resultate:

| | | |
|---|---|---|
| $\%\ FeO$ (< 20 > 40 Maschen) | 15,84 | 15,88 |
| Zerrieben bis 120 Maschen | 15,50 | 15,53 |
| Fein zerrieben | 15,43 | 15,34 |

Eine so starke Oxydation wie beim Paigeït liegt hier nicht vor. Die Hauptursache liegt wohl in der Gangart.

Die Werte für *FeO* bei Hulsit und Paigeït umfassen auch den Eisenoxydulgehalt des Vesuvians; dieser letztere ist jedenfalls sehr gering (unter 0,3 %), wenn auch eine Analyse des Minerals noch nicht vorliegt. Der Einfluß des Arsenopyrits ist jedenfalls gleich Null; die Teilchen sind so grob, daß das Erz bei der Einwirkung der Flußsäure unverändert bleibt.

Den Gesamtgehalt an Eisen bestimmten wir wie gewöhnlich durch Auflösen des gefällten $Fe_2O_3$ in Schwefelsäure oder schmelzendem Natriumpyrosulfat und nachheriger Titration mit Kaliumpermanganat. Bei diesem Schmelzen konnte man anwesende Kieselsäure erkennen und bestimmen.

Das Zinn fällten wir in salzsaurer Lösung mit Schwefelwasserstoff; es wurde als Oxyd gewogen. Die leichte Löslichkeit des Minerals in kalter verdünnter Säure könnte darauf hindeuten, daß das Zinn als Zinnsäure, etwas $SnO_4H_2$ anwesend ist.

In den ursprünglichen Analysen wurde die Borsäure durch Destillation mit Methylalkohol bestimmt. Warum wir dabei zu hohe Resultate fanden, ist unbekannt. Bei den erneuten Analysen benutzten wir die oben genannte Methode von Wherry. Wir probierten sie zuerst aus an Proben mit bekanntem Gehalt an $B_2O_3$. Daß die schließlich erhaltenen Werte nicht nahe übereinstimmen, ist eine Folge der geringen zur Verfügung stehenden Materialmenge und des verschiedenen Gehaltes an Gangart.

Den Wassergehalt ermittelten wir durch Erhitzen (Größe < 20 > 60 Maschen) in einem Glasrohre und directes Wägen in einem anderen Teile dieses Rohres (Methode von Penfield). Die Bestimmung erfolgte mit grobkörnigem Material. Der Grad der Feinheit ist jedenfalls von Einfluß auf die Wassermenge, welche bei 110° weggeht. Folgende Versuche an Ludwigit aus Ungarn zeigen dies deutlich:

| | 1. | 2. |
|---|---|---|
| Pulvergröße < 10 > 20 Maschen | 0,09 % | 0,12 % $H_2O$ |
| Derselbe feiner gepulvert | 0,50 % | 0,52 % |

Man muß also bei Substanzen, wie sie unsere Borate darstellen, die

Wasserbestimmung an gröberem Material ausführen. Wir vermuten nach diesen Ergebnissen, daß der angegebene Wassergehalt wesentlich an der Zusammensetzung teilnimmt und nicht hygroskopischer Natur ist. Die endgültige Beantwortung dieser Frage muß jedoch einstweilen noch verschoben werden[1]).

Der Gang bei unseren Analysen war folgender: Das gepulverte oder zerquetschte Mineral wurde im Becherglase während einiger Stunden mit etwas Salzsäure behandelt. Das feine Pulver der Borate löst sich in wenigen Stunden vollständig; bei gröberem Korn wurde etwas angewärmt. Arsenopyrit bleibt dabei unangegriffen, während Vesuvian in ziemlicher Menge sich löst. Die Gangart wurde abfiltriert und geglüht. In die verdünnte Lösung wurde zur Fällung des Zinns Schwefelwasserstoff geleitet. Das Filtrat wurde zum Sieden erhitzt, das Eisen oxydiert und die Analyse nahm dann ihren gewöhnlichen Weg. Einmal bestimmten wir auch die Alkalien, 0,54 % $K_2O$ und 0,70 % $Na_2O$. Doch dürften diese wohl nicht zum Mineral gehören und eher aus den zahlreichen benutzten Reagenzien stammen. Mangan und Titan findet man in Spuren; nicht nachweisen konnten wir *Ba*, *Bi*, *Cd*, *Zn*, seltene Erden, *Nb*, *Ta*, *Li*, *Mo*, *Te*, *W*, *U*, *Zr*, *V*, *F*, Sulfate, Phosphate und Chloride.

## Hulsit.

Krystallographische Untersuchung. Das Mineral findet sich immer krystallisiert, entweder in kleinen Krystallen über 1 mm im Durchmesser oder in großen tafeligen Massen, welche mehrere Centimeter erreichen und gut die prismatische Spaltbarkeit zeigen. Die Krystalle sind vollkommen, aber immer uneben und ihre Flächen sind matt und rauh, so daß an natürlichen Flächen Messungen nicht vorzunehmen waren. Die Tafeln erscheinen oft rectangulär und sind bei Annahme des rhombischen Systems von den drei Pinakoiden gebildet. Bisweilen findet man auch die Prismenflächen neben der Basis; möglicherweise liegen bloß Spaltflächen vor. Ein Prismenflächenpaar ist oft größer als das andere; die Spaltbarkeit nach dem Prisma ist gut und wir konnten die folgenden Werte an Spaltformen messen:

$$m : m''' = 57^\circ 44', 57^\circ 38', 57^\circ 33'; \text{ Mittel } 57^\circ 38'.$$

Unter Annahme des rhombischen Systems erhält man die Elemente:

$$a : b : c = 0{,}5501 : 1 : ?$$

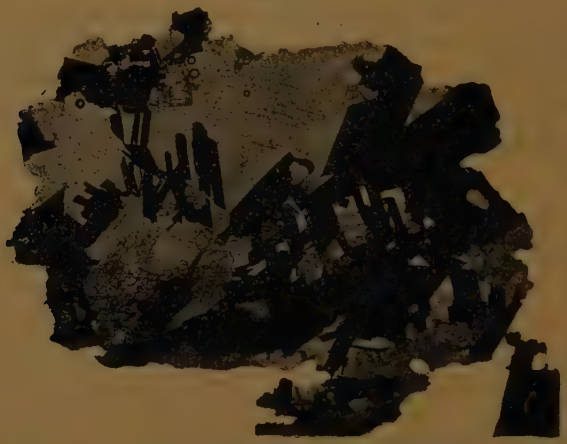
Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$.

---

1) Über den Einfluß des Pulverns auf den Wassergehalt siehe Hillebrand, Journ. Am. Chem. Soc. 1908, **30**, 1120.

Die Krystalle bilden oft Zwillinge; ein Individuum ist gegen das andere um ca. 120° gedreht; die beiden basalen Pinakoide bleiben in einer Ebene. Auch Gruppierungen in paralleler Lage findet man, besonders bei Verlängerung nach einer Prismenfläche (Fig. 1 Mikrophotographie).

Fig. 1.



Hulsit (opak) in Verwachsung mit Vesuvian und Calcit. Vergr. 12fach.

Die Farbe des Minerals ist schwarz, bei einem grünlichen, bräunlichen und bisweilen rötlichen Tone, wenn ganz frei von Magnetit. Viele kleinere Krystalle sind mit einer bräunlichen Kruste überzogen, wahrscheinlich limonitartiger Beschaffenheit. Strich schwarz, Glanz halbmetallisch, an reinerem Material mehr sich glasähnlicher Hornblende nähernd. Härte ungefähr 3. Spec. Gewicht 4,31. Spaltbarkeit nach $m\{110\}$ gut. Leicht löslich in Salzsäure, Flußsäure, weniger leicht in anderen Säuren. Im geschlossenen Rohre geht Wasser weg; vor dem Lötrohre zu einer schwarzen Schlacke schmelzend; schwach grüne Flammenfärbung. Bei Zusatz von Kaliumbisulfat und Fluorit hält die Grünfärbung der Flamme an.

Die Zusammensetzung der analysierten Probe Nr. 2 ist ungefähr:

| | |
|---|---|
| Vesuvian | 2,2 |
| Hulsit | 80,6 |
| Magnetit | 17,2 |
| | 100,00 |

Die Dichte dieses Gemenges ist 4,438. Nimmt man jene des Vesuvians zu 3,40 und jene des Magnetits zu 5,17, dann berechnet sich das specifische Gewicht des Hulsits zu 4,31.

Die zuerst für die chemische Untersuchung benutzten Proben waren anscheinend homogen. Sie waren jedoch stark magnetisch; doch konnten wir Magneteisen nicht nachweisen. Später fanden wir nichtmagnetische

Stücke von Hulsit und jetzt erst konnten wir bei genauer Prüfung erkennen, daß im Hulsit häufig Magnetit in wechselnden Mengen eingeschlossen ist.

Die nichtmagnetischen Proben neigten stärker zur Verwitterung und einzelne waren mehr oder minder in eine limonitartige Substanz umgewandelt. Wir erhielten im ganzen nur eine sehr geringe Hulsitmenge, welche nicht magnetisch war.

Wir analysierten drei verschiedene Proben. Nr. 1 bestand aus 0,5 g magnetitfreiem Mineral; es wurde auf die Korngröße $< 60 > 100$ Maschen gebracht. Wir bestimmten darin nur Eisenoxydul, Eisenoxyd, Magnesia und die unlösliche Gangart. Der Gehalt an *MgO* erscheint etwas hoch; es wurde vielleicht noch etwas Calcium mitgewogen. Probe Nr. 2 betrug ungefähr 1 g und wurde zuerst für homogen gehalten; später stellte sich das Material als ein Gemenge von Hulsit mit Magnetit und wenig Gangart heraus. Zinn wurde in keiner der beiden Proben bestimmt; bei Nr. 2 erfolgte die Borsäurebestimmung nach Wherry und Chapin. Probe Nr. 3 war möglichst frei von Magnetit, enthielt jedoch viel Gangart.

Analysen. Probe Nr. 1.

| | 1. | 2. | Mittel: |
|---|---|---|---|
| *FeO* | 33,27 | — | 33,27 |
| *MgO* | — | 10,17 | 10,17 |
| $Fe_2O_3$ | — | — | 17,83 |
| Gesamteisen als $Fe_2O_3$ | 54,40 | 54,20 | — |
| Unlöslich | — | 10,00 | 10,00 |
| $B_2O_3$, $SnO_2$, $H_2O$ | — | — | — |

Eisenoxydul und Magnesia sind wohl wechselnd, so daß also Hulsit eine isomorphe Mischung eines Eisenoxydulborates mit einem Magnesiaborate ist. Ähnlich verhält es sich bei Paigeït und Ludwigit[1]). In unserer Probe ist $FeO : MgO = 9 : 5$ ungefähr.

| | Verhältniszahlen: | |
|---|---|---|
| *FeO* | 0,462 | 6,63 |
| *MgO* | 0,254 | |
| $Fe_2O_3$ | 0,108 | 1,00 |

Es ist $RO : Fe_2O_3 = 6{,}63 : 1$. Der wahre Wert ist wahrscheinlich $6 : 1$, nachdem der Wert für Magnesia offenbar zu groß ist, wie oben erwähnt.

---

1) Ludwigit von Montana enthält sehr wenig *FeO*, jener von Ungarn 15%.

Probe Nr. 2 (mit Gehalt an Magnetit).

| | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | Mittel |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $FeO$ | 34,48 | 34,35 | — | — | — | 34,44 |
| $MgO$ | 8,60 | 8,83 | 8,36 | 8,12 | — | 8,48 |
| $Fe_2O_3$ | — | — | — | — | — | 27,64 |
| Gesamteisen als $Fe_2O_3$ | 66,24 | 67,08 | 65,70 | 65,42 | 65,32 | — |
| $H_2O$ | 1,63 | 1,68 | — | — | — | 1,66 |
| $B_2O_3$ | — | — | — | — | 10,44 | 10,44 |
| Unlöslich | 2,25 | 1,97 | 2,24 | 2,48 | — | 2,24 |
| $SnO_2$ | — | — | — | — | — | — |

Verhältniszahlen:

| | |
|---|---|
| $FeO$ | 0,479 |
| $MgO$ | 0,212 |
| $Fe_2O_3$ | 0,173 |
| $H_2O$ | 0,092 |
| $B_2O_3$ | 0,149 |
| $SnO_2$ | — |

Nach der Analyse an Probe Nr. 3 ist $B_2O_3 : Fe_2O_3 = 3 : 2$. Daraus berechnet sich der Gehalt an Magnetit bei Nr. 2 in folgender Weise: Man bestimmt den Betrag an Eisenoxyd, der zum Borat gehört, jener für Magnetit ist dann als Differenz zu finden; die äquivalente Menge $FeO$ ist dann weiterhin abzuziehen und man hat:

| | Verhältniszahlen aus der Analyse: | Verhältniszahlen des Magnetits: | Verhältniszahlen des Hulsits: |
|---|---|---|---|
| $FeO$ } $MgO$ | 0,691 | 0,074 | 0,617 = 12,4 |
| $Fe_2O_3$ | 0,173 | 0,074 | 0,099 = 2,00 |
| $H_2O$ | 0,092 | — | 0,092 = 1,9 |
| $B_2O_3$ | 0,149 | — | 0,149 = 3,0 |
| $SnO_2$ | — | — | — — |

Für den Hulsit leiten sich also folgende Verhältniszahlen ab:

$$12{,}4\,RO \quad 2{,}0\,Fe_2O_3 \quad 1{,}9\,H_2O \quad 3{,}0\,B_2O_3 + ?\,SnO_2.$$

Die mit Probe Nr. 3 erhaltenen Analysenresultate findet man unten. 1a. bezieht sich auf unreineres Material und ist hauptsächlich von Wert für die Zinnbestimmung. Den mit Ammoniak erhaltenen Niederschlag haben wir nicht bestimmt; er diente zu verschiedenen qualitativen Prüfungen. Beim Mittelwerte sind die Zahlen unter 1a. nicht mitgerechnet. Bei der Borsäure haben wir den höheren Wert in die Tabelle der Mittelwerte aufgenommen.

Probe Nr. 3.

| | 1a. | 1. | 2. | 3. | Mittel: |
|---|---|---|---|---|---|
| $FeO$ | — | — | — | 27,71 | 27,71 |
| $MgO$ | 3,62 | — | 4,13 | 4,45 | 4,29 |
| $CaO$ | — | 7,98 | 9,82 | 9,54 | 9,11 |
| $Fe_2O_3$ | — | — | — | — | 15,21 |
| Gesamteisen als $Fe_2O_3$ | — | — | 46,30 | 45,67 | — |
| $SnO_2$ | 6,13 | 6,85 | 7,15 | 7,20 | 7,07 |
| $B_2O_3$ | — | 9,20 | 8,27 | — | 9,20 |
| Unlöslich | 27,42 | 19,92 | 17,52 | 18,44 | 18,63 |
| $H_2O$, $CO_2$, $SiO_2$, $Al_2O_3$ | — | — | Diff. | — | 8,78 |
| | | | | | 100,00 |

Aus den Mittelwerten erhält man folgende Verhältniszahlen:

| | | |
|---|---|---|
| $FeO$ | 0,385 | 10,47 |
| $MgO$ | 0,107 | |
| $Fe_2O_3$ | 0,095 | 2,02 |
| $SnO_2$ | 0,047 | 1,00 |
| $B_2O_3$ | 0,131 | 2,79 |

Aus Probe Nr. 2 erhält man eine Andeutung darüber, wieviel Calcium aus der Gangart stammt. Für 15 % unlösliche Substanz beträgt der Gehalt an $CaO$ ungefähr 4 %. Wenn dieses Verhältnis constant bleibt, dann stammen bei Probe Nr. 3 ungefähr 5 % $CaO$ aus der Gangart. Dann blieben noch etwas weniger als 4 % $CaO$ übrig, welche zum Borat gehören. Unter dieser Annahme wird das Verhältnis $(FeO, MgO, CaO) : Fe_2O_3 =$ 11,9 : 1 oder nahezu 12 : 1. Die letzte Analyse führt auf die Formeln

$$10{,}5\,RO.2\,Fe_2O_3.SnO_2.3\,B_2O_3 + ?\,H_2O \text{ oder}$$
$$12\,RO.2\,Fe_2O_3.SnO_2.3\,B_2O_3 + ?\,H_2O,$$

wenn die 4 % $CaO$ als zum Mineral gehörend betrachtet werden.

Discussion der Formeln. Aus unseren verschiedenen analysierten Proben ergeben sich folgende Verhältniszahlen:

| | $RO$ | $Fe_2O_3$ | $SnO_2$ | $B_2O_3$ | $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Probe Nr. 1 | 13,2 | 2,0 | — | — | — |
| - Nr. 2 | 12,4 | 2,0 | — | 3,0 | 1,9 |
| - Nr. 3 | 10,5 | 2,0 | 1,0 | 2,8 | — |
| - Nr. 3 | 12,0 | 2,0 | 1,0 | 2,8 | — |

Nach dieser etwas unvollständigen Zusammenstellung erscheint als wahrscheinlichste Formel

$$12\,RO.2\,Fe_2O_3.SnO_2.3\,B_2O_3.2\,H_2O \text{ oder } (Fe,Mg)_{12}Fe_4SnB_6H_4O_{31}.$$

Wenn man die Verhältniszahlen ansieht, dann kann man fast unmöglich den Hulsit als ein Eisen (Eisenoxydul und Eisenoxyd)-, Zinn- und Magnesia-

borat auffassen, da die Basen in bedeutendem Überschusse vorhanden sind. Es kann jedoch das Eisenoxyd die Rolle einer Säure ganz ähnlich wie Borsäure spielen. Bei dieser Annahme können wir unsere Formel schreiben:

$$\overset{II}{R_9}(BO_3)_6 . \overset{II}{R_3}[Sn(OH)]''' H_3(FeO_3)_4 .$$

Der Zinngehalt geht so leicht mit Salzsäure in Lösung, daß man am besten die Form einer Zinnsäure vorliegend annimmt. Die Anwesenheit von Zinnsäure neben Borsäure und möglicherweise Eisensäure könnte zu Erörterungen führen, welche wir hier am besten übergehen.

## Paigeït.

Allgemeine Beschreibung. Die Paigeïthandstücke vom Brooks Mountain zeigen ein pechschwarzes glänzendes Mineral von lamellarer Beschaffenheit. Deutliche Krystalle sind nicht wahrzunehmen; aber die ganze Masse hat ein krystallinisches Aussehen; im Dünnschliffe sieht man zahllose haarähnliche Nadeln, oft in radialer Anordnung. Das charakteristische Aussehen zeigt die Mikrophotographie in Fig. 2. Das Mineral besitzt anscheinend eine unvollkommene Spaltbarkeit und ist weich; Härte ungefähr 3; spec. Gewicht 4,78. Die Farbe ist ganz schwarz, ebenso der Strich; der Glanz ist lebhaft. Der Paigeït löst sich in Salzsäure und Flußsäure und ähnelt auch im Verhalten beim Erhitzen dem Hulsit.

Fig. 2.



Paigeïtfasern in Turmalin neben Fluorit (hell). Vergr. 60fach.

Die Dichte von Probe Nr. 1 wurde zu 4,544 bestimmt; durch Rechnung ergibt sich daraus für reinen Paigeït der Wert 4,78 auf Grund folgender Daten für die Zusammensetzung:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Vesuvian, Dichte | 3,40 | = | 19 % |
| Arsenopyrit - | 6,0 | = | 2 |
| Paigeït - | 4,78 | = | 79 |
| | | | 100,00 % |

Analysen. Wir haben drei verschiedene Proben analysiert. Der Betrag an Gangart war etwas schwankend, aber nicht in dem Maße wie bei Hulsit. Bei Probe Nr. 1, welche zuerst analysiert wurde, bestimmten wir Zinn nicht, Borsäure dagegen nach dem Verfahren von Wherry und Chapin. Probe Nr. 2 war ganz fein gepulvert, so daß der Wert für *FeO* wohl etwas niedrig ist. Probe Nr. 3 war grobkörniger, sonst aber ganz ähnlich wie Nr. 2.

Probe Nr. 1.

| | 1. | 2. | 3. | 4. | Mittel: |
|---|---|---|---|---|---|
| *FeO* | 43,91 | 44,30 | 45,82 | 43,87 | 44,48 |
| *MgO* | 1,70 | 1,22 | 1,39 | — | 1,44 |
| $Fe_2O_3$ | — | — | — | — | 16,72 |
| Gesamteisen als $Fe_2O_3$ | 66,26 | 65,95 | 66,22 | — | — |
| $H_2O$ | 2,03 | — | — | — | 2,03 |
| $B_2O_3$ | — | — | — | 9,83 | 9,83 |
| Unlöslich | 15,55 | 15,76 | 15,65 | — | 15,65 |
| $SnO_2$ | — | nicht bestimmt | | — | — |
| Lösliche Gangart | — | - | - | — | — |

Verhältniszahlen:

| | | |
|---|---|---|
| *FeO* | 0,618 | 31,1 |
| *MgO* | 0,036 | |
| $Fe_2O_3$ | 0,105 | 5,0 |
| $H_2O$ | 0,113 | 5,4 |
| $B_2O_3$ | 0,140 | 6,7 |

Daraus folgt die unvollständige Formel

$$31{,}1\,RO\,.\,5{,}0\,Fe_2O_3\,.\,5{,}4\,H_2O\,.\,6{,}7\,B_2O_3 + ?\,SnO_2\,.$$

Probe Nr. 2.

| | 1. | 2. | 3. | Mittel: |
|---|---|---|---|---|
| *FeO* | 40,82 | — | — | 40,82 |
| *MgO* | 2,02 | 2,01 | 2,10 | 2,04 |
| *CaO* | 4,28 | 4,31 | 3,81 | 4,13 |
| $Fe_2O_3$ | 18,19 | 19,34 | 18,48 | 18,67 |
| Gesamteisen als $Fe_2O_3$ | 63,54 | 64,69 | 63,83 | — |
| $SnO_2$ | 3,15 | 3,14 | 3,26 | 3,18 |
| $B_2O_3$ | 9,10 | — | — | 9,10 |
| Unlöslich | 16,18 | 15,74 | 16,38 | 16,10 |
| $SiO_2$, $Al_2O_3$, $H_2O$ | als Differenz | | | 5,96 |
| | | | | 100,00 |

Unter der Voraussetzung, daß aller Kalk aus der Gangart stammt, erhält man die Verhältniszahlen:

| | | |
|---|---|---|
| $FeO$ | 0,567 | 29,4 |
| $MgO$ | 0,051 | |
| $Fe_2O_3$ | 0,117 | 5,6 |
| $SnO_2$ | 0,021 | 1,0 |
| $B_2O_3$ | 0,130 | 6,2 |
| $H_2O$ | — | — |

Daraus ergibt sich die folgende Formel:

$$29{,}4\,RO \,.\, 5{,}6\,Fe_2O_3 \,.\, 1\,SnO_2 \,.\, 6{,}2\,B_2O_3 + ?\,H_2O.$$

Probe Nr. 3.

Nachdem festgestellt war, daß die Gangart sich teilweise in Salzsäure löst, bestimmten wir auch Kieselsäure und Thonerde.

| | 1. | 2. | 3. | Mittel: |
|---|---|---|---|---|
| $FeO$ | 34,68 | 34,86 | 35,52 | 35,02 |
| $MgO$ | 2,25 | 1,89 | 2,22 | 2,12 |
| $CaO$ | 8,97 | 8,56 | 8,84 | 8,79 |
| $Fe_2O_3$ | 14,69 | 14,84 | 15,18 | 14,90 |
| Gesamteisen als $Fe_2O_3$ | 53,22 | 53,57 | 54,62 | — |
| $SnO_2$ | 2,77 | 2,86 | 2,76 [1] | 2,80 |
| $B_2O_3$ | — | 6,71 | 7,16 | 6,94 |
| Unlöslich | 18,62 | 18,81 | 18,29 | 18,57 |
| $SiO_2$ | 3,28 | 2,78 | 3,25 | 3,10 |
| $Al_2O_3$ | 2,51 | 2,41 | 2,09 | 2,34 |
| $H_2O$ usw. | | als Differenz | | 5,42 |
| | | | | 100,00 |

Unter Ausschluß von $CaO$, $SiO_2$ und $Al_2O_3$, welche aus der Gangart stammen, erhält man die Verhältniszahlen:

| | | |
|---|---|---|
| $FeO$ | 0,486 | 28,5 |
| $MgO$ | 0,056 | |
| $Fe_2O_3$ | 0,093 | 4,9 |
| $SnO_2$ | 0,019 | 1,0 |
| $B_2O_3$ | 0,099 | 5,2 |
| $H_2O$ | — | — |

Der Gehalt an $CaO$ ist bei Probe Nr. 3 weit höher als bei Probe Nr. 2 und es scheint, als ob ein Teil des Kalkes zum Borat gehöre. Es wären bloß 1,57 % $CaO$ nötig, um das Verhältnis $(FeO + MgO + CaO) : SnO_2$ von 28,5 : 1 auf 30 : 1 (wie oben) zu erhöhen. Diesen kleinen Betrag für $CaO$ betrachten wir als zum Borat gehörend. Die Verhältniszahlen sind also

$$28{,}5 \text{ oder } 30{,}0\,RO \,.\, 4{,}9\,Fe_2O_3 \,.\, 1\,SnO_2 \,.\, 5{,}2\,B_2O_3 + ?\,H_2O.$$

1) Eine vierte Zinnbestimmung lieferte den Wert 2,97 % $SnO_2$.

Discussion der Formeln. Die obigen drei Analysenreihen führen auf folgende Verhältniszahlen:

| | $RO$ | $Fe_2O_3$ | $SnO_2$ | $B_2O_3$ | $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Probe Nr. 1 | 31,1 | 5,0 | — | 6,7 | 5,4 |
| - Nr. 2 | 29,4 | 5,6 | 1,0 | 6,2 | — |
| - Nr. 3 | 28,5 | 4,7 | 1,0 | 5,2 | — |
| | 30,0 | 4,9 | 1,0 | 5,2 | — |

Als Mittel daraus ergibt sich folgende wahrscheinliche Formel:

$$30FeO \,.\, 5Fe_2O_3 \,.\, 1SnO_2 \,.\, 6B_2O_3 \,.\, 5H_2O.$$

Diese Formel erscheint zwar compliciert, jedoch lassen die Analysen eine andere Deutung nicht zu. Es ist zwar nicht unmöglich, daß der Paigeït eine Mischung von zwei oder mehreren nahe verwandten Mineralien ist; allein außer der ungewöhnlichen Zusammensetzung haben wir keine weitere Stütze für diese Auffassung. Der constante geringe Gehalt an $SnO_2$ weist auf einen wesentlichen Unterschied gegenüber dem Hulsit hin. Dazu kommen noch als weitere Unterscheidungsmerkmale das Vorkommen in lamellaren Massen oder radialfaserigen Aggregaten, die intensive schwarze Farbe, die Tendenz der einzelnen Fasern und Massen in Büschel ganz feiner Fasern auszulaufen, während der Hulsit niemals faserige Beschaffenheit erkennen läßt.

Eine mögliche Deutung der ermittelten Zusammensetzung wäre, den Paigeït als eine Mischung von Hulsit und einem faserigen Borat aufzufassen. Zieht man eine dem Gehalt an $SnO_2$ entsprechende Menge Hulsit ab, dann erhält man:

$$\begin{aligned} \text{Paigeït} &= 30FeO \,.\, 5Fe_2O_3 \,.\, 1SnO_2 \,.\, 6B_2O_3 \,.\, 5H_2O \\ - \text{ Hulsit} &= 12FeO \,.\, 2Fe_2O_3 \,.\, 1SnO_2 \,.\, 3B_2O_4 \,.\, 2H_2O \\ \hline & 18FeO \,.\, 3Fe_2O_3 \,. \quad - \quad .\, 3B_2O_3 \,.\, 3H_2O \end{aligned}$$

oder

$$6FeO \,.\, Fe_2O_3 \,.\, B_2O_3 \,.\, H_2O.$$

Sollte sich die Auffassung später bestätigen, dann bestände das von uns analysierte Mineral aus einem Teile Hulsit und drei Teilen des Borates $6FeO \,.\, Fe_2O_3 \,.\, B_2O_3 \,.\, H_2O$. Vorerst müssen wir aber unseren Paigeït als homogen ansehen und ihm die obige Formel zuteilen.

# II. Wismutocker.

Von

**W. T. Schaller** und **F. L. Ransome** in Washington [1]).

(Mit 1 Textfigur.)

---

Im Goldfield-District, Nevada, findet sich Wismutocker auf verschiedenen Gruben, so auf der January-, Combination- und Sandstorm-Grube, vielleicht auch auf anderen; er bildet winzige, perlmutterglänzende Schuppen mit lebhaftem Glanz und silberweißer Farbe. Der Glanz der Schuppen ist fast metallisch; man denkt auf den ersten Blick an feine, lebhaft glänzende Krystalle von metallischem Silber. Das Mineral ist auf die Oxydationszone beschränkt und gewöhnlich von Limonit begleitet, häufig in Gesellschaft mit reichen Erzen. Es bildet einzelne glänzende Schuppen oder Flecken an den Wänden von Hohlräumen in schwammigem Limonit oder in rostigen Felsenriffen, als zarte reifähnliche Überzüge auf demselben Material und schwammige Aggregate mit Quarz. Bei der letzteren Form liegen offenbar Pseudomorphosen nach Wismutglanz vor; das Material bestand ursprünglich aus einer Masse von Wismutglanzprismen, welche durch eine kieselige Gangart zusammengehalten wurden. Die prismatische Structur des Erzes erkennt man noch an hohlen Abdrücken im Quarz, welche zum Teil mit Wismutockerschuppen ausgefüllt sind.

Natürliche Krystalle von Wismutocker hat man anscheinend bis jetzt nicht gefunden. Nach Nordenskiölds Beobachtungen an künstlichen Krystallen (1860 und 1861) wird in den Handbüchern von Dana und Hintze das Mineral dem rhombischen Systeme zugerechnet; das Vorkommen im Goldfield-District ist also infolge seiner krystallinischen Beschaffenheit nicht ohne Interesse.

Unter dem Mikroskope besteht das gepulverte Mineral aus dünnen farblosen Schuppen, gelegentlich mit einer Andeutung eines hexagonalen Umrisses. In Anbetracht der Dehnbarkeit erhält man nur selten eine Kanten-

---

1) Übersetzt von B. Goßner.

ansicht. Die größeren flachen Schuppen erscheinen in jeder Stellung zwischen gekreuzten Nicols dunkel und zeigen im convergenten Lichte ein negativ einaxiges Bild. Farbige Ringe sieht man nicht und die Doppelbrechung ist offenbar nicht stark. Die Lichtbrechung dagegen ist ziemlich kräftig, stärker als jene des Anorthits. Das Mineral spaltet vollkommen nach der Basis; die Schuppen zeigen schon ohne Analysator schöne Interferenzfarben infolge von Refraction und Reflexion an der Oberfläche der äußerst dünnen Spaltblättchen.

Ausgesuchtes Material gab bei der Analyse (Schaller):

| | 1. | 2. | 3. | Mittel: |
|---|---|---|---|---|
| Unlöslich in *HCl*, meist Quarz | 78,95 | 78,87 | 79,01 | 78,94 |
| $Bi_2O_3$ | 17,29 | 17,00 | 16,84 | 17,04 |
| $H_2O$ (Glühverlust) | 3,96 | — | — | 3,96 |
| $Fe_2O_3$ | 0,36 | 0,50 | 0,21 | 0,36 |
| | | | | 100,30 |

Das Mineral ist also Wismutocker oder auch ein anderes wasserhaltiges Wismutoxyd. Im letzteren Falle würde eine neue Mineralspecies vorliegen (vorausgesetzt natürlich, daß $Bi_2O_3$ die richtige Zusammensetzung des natürlichen Wismutockers ist). Eine hinreichende Materialmenge konnten wir leider nicht von der Gangart trennen.

Durch Messungen allein könnte man die geometrische Form der winzigen tafeligen Krystalle nicht bestimmen. Das einaxige optische Bild, die hexagonale Umgrenzung, dreieckige Eindrücke auf der Basis und die Verteilung der Flächen, soweit eine Beobachtung möglich war, lassen es gerechtfertigt erscheinen, daß man das Mineral in die rhomboëdrische Klasse des hexagonalen Systems stellt. Für die *c*-Axe erhielten wir den Wert 0,5775.

Wir konnten sieben Formen feststellen, die Basis, fünf positive und ein negatives Rhomboëder. Zwei weitere positive Rhomboëder waren angedeutet. Im folgenden seien die Formen kurz beschrieben:

$c\{0001\}$. Immer sehr groß, eben. Bisweilen sieht man darauf dreieckige Figuren und Streifungen; die Flächen parallel dieser Streifung werden als positiv genommen.

$o\{10\bar{1}6\}$. Diese Form fanden wir an zwei Krystallen mit breiten Flächen, aber schlechten Reflexen. Eine Fläche war beträchtlich gestreift und gab zwei Reflexe, um einen Grad voneinander entfernt.

$q\{10\bar{1}5\}$. Breite Flächen mit guten Reflexen.

$u\{10\bar{1}4\}$. Schmale Flächen; eine davon war gestreift und reflectierte deutlich; der Reflex einer zweiten linienartigen Fläche war sehr schwach.

$k\{10\bar{1}3\}$. Gewöhnlich linienartig, gestreift, mit sehr schlechtem Reflex.

$?\{20\bar{2}5\}$. Eine zweifelhafte Fläche, schmal, ohne deutliches Signal.

$?d\{10\bar{1}2\}$. Eine zweifelhafte Fläche, breit, ohne deutlichen Reflex.

$y\{20\bar{2}1\}$. Linienartig, Reflex ganz schwach.

$z\{01\bar{1}1\}$. Das einzige negative Rhomboëder; linienartige Flächen, ohne Reflexe. Die negative Lage konnte bloß an Krystall Nr. 6 bestimmt werden.

Die Resultate der Messungen sind folgende:

| | Beobachtet: | | Berechnet: |
|---|---|---|---|
| $(0001):(10\bar{1}6)$ | $= 6^0 37'$ | $6^0 41'$ | $6^0 21'$ |
| $(0001):(10\bar{1}5)$ | 7 33 | 7 36 | 7 36 |
| $(0001):(10\bar{1}4)$ | 9 31 | 9 31 | 9 28 |
| $(0001):(10\bar{1}3)$ | 12 11 | 12 26 | 12 32 |
| | 13 18 | $12^0$—$14^0$ | |
| $(0001):(20\bar{2}1)$ | 54 0 | $54^0 0'$ | 53 8 |
| $(0001):(01\bar{1}1)$ | 35 0 | $32\frac{1}{2}$ | 33 42 |

Zweifelhafte Formen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $(0001):(20\bar{2}5)$ | 15 0 | | 14 56 |
| $(0001):(10\bar{1}2)$ | $16^0$—$20^0$ | | 18 26 |

Zur Berechnung der $c$-Axe benutzten wir die am brauchbarsten erscheinenden Messungen. Wie die folgende Tabelle erkennen läßt, ist die Übereinstimmung mit den Werten, welche sich aus den übrigen Messungen berechnen, eine leidliche. Die Messungen wurden am zweikreisigen Goniometer vorgenommen; $\varrho$ ist immer der Winkel zwischen der Basis und der betreffenden Form.

Die drei besten Messungen sind:

| | | |
|---|---|---|
| $\varrho\{10\bar{1}5\} = 7^0 33'$ | $p_0 = 0{,}6627$ | Kryst. Nr. 1 |
| $\varrho\{10\bar{1}5\} = 7\ 36$ | $p_0 = 0{,}6672$ | - Nr. 4 |
| $\varrho\{10\bar{1}4\} = 9\ 31$ | $p_0 = 0{,}6706$ | - Nr. 2 |
| Mittel | $p_0 = 0{,}6668$; | $c = 0{,}5775$ |

Mittel aus den anderen nahe übereinstimmenden Werten:

| | | |
|---|---|---|
| $\varrho\{10\bar{1}6\} = 6^0 37'$ | $p_0 = 0{,}6960$ | Kryst. Nr. 3 |
| $\varrho\{10\bar{1}6\} = 6\ 41$ | $p_0 = 0{,}7031$ | - Nr. 6 |
| $\varrho\{10\bar{1}4\} = 9\ 31$ | $p_0 = 0{,}6706$ | - Nr. 6 |
| $\varrho\{10\bar{1}3\} = 12\ 11$ | $p_0 = 0{,}6477$ | - Nr. 6 |
| $\varrho\{10\bar{1}3\} = 12\ 26$ | $p_0 = 0{,}6614$ | - Nr. 4 |
| $\varrho\{10\bar{1}3\} = 13\ 18$ | $p_0 = 0{,}7102$ | - Nr. 1 |
| Mittel | $p_0 = 0{,}6815$ | |

Messungen ohne deutliche Reflexe, mit angenäherter Übereinstimmung:

| | | |
|---|---|---|
| $\varrho\{10\bar{1}3\} = 12^0$—$14^0$ (Mittel $13^0$) | $p_0 = 0{,}69$ | Kryst. Nr. 1 |
| $\varrho\{20\bar{2}5\} = 15^0$ | $p_0 = 0{,}67$ | - Nr. 2 |
| $\varrho\{10\bar{1}2\} = 16^0$—$20^0$ (Mittel $18^0$) | $p_0 = 0{,}65$ | - Nr. 1 |

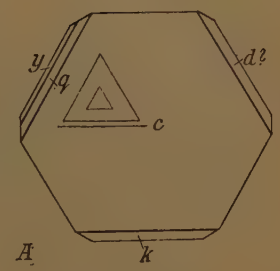
| | | |
|---|---|---|
| $\varrho\{01\bar{1}1\} = 35^0$ | $p_0 = 0{,}70$ | Kryst. Nr. 5 |
| $\varrho\{01\bar{1}1\} = 32\frac{1}{2}^0$ | $p_0 = 0{,}64$ | - Nr. 6 |
| $\varrho\{20\bar{2}1\} = 54^0$ | $p_0 = 0{,}69$ | - Nr. 1 |
| $\varrho\{20\bar{2}1\} = 54^0$ | $p_0 = 0{,}69$ | - Nr. 6 |

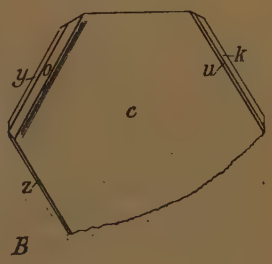
Nach den angeführten Werten $p_0$ ist die Deutung der Formen also die richtige.

Von den sechs gemessenen (unvollständigen) Krystallen seien zwei kurz beschrieben.

Der in Fig. 1A dargestellte Krystall (Nr. 1) zeigt die trigonale Verteilung der Rhomboëder und die dreieckigen Figuren auf der Basis.

In Fig. 1B ist ein ähnlicher Krystall (Nr. 6) dargestellt mit einem negativen Rhomboëder.




Eine Besonderheit dieser Krystalle besteht in der unregelmäßigen Ausbildung der Flächen, so daß nicht zwei Flächen derselben Form an der oberen Hälfte eines Krystalles sich vorfanden; teilweise liegt die Ursache dafür allerdings in der Unvollständigkeit der Krystalle.

Natürlicher Wismutocker krystallisiert also nach unseren Beobachtungen nicht rhombisch, sondern gehört einem der einaxigen Systeme, wahrscheinlich dem hexagonalen, an. Das Vorkommen des Minerals in der Oxydationszone deutet daraufhin, daß das ursprüngliche Mineral Wismutglanz war. Während der Umwandlung hat jedoch eine teilweise Wanderung stattgefunden und die Schuppen von Wismutocker nehmen nicht immer die Stelle der ursprünglichen Wismutglanznadeln ein.

# III. Krystallographisch-optische Untersuchungen organischer Verbindungen.

Von

C. Blaß in Breslau.

(Mit 23 Textfiguren.)

---

Das Material zur vorliegenden Arbeit wurde bei chemischen Untersuchungen der Herren: Prof. Dr. J. Gadamer in Breslau, Prof. Dr. F. W. Semmler in Berlin, Prof. Dr. A. Rosenheim in Berlin und Dr. phil. H. Remmler in Breslau gewonnen und zur krystallographisch-optischen Untersuchung Herrn Prof. Dr. C. Hintze in Breslau übergeben. Dieser hatte die Güte, mir die Bearbeitung der betreffenden Präparate zu überlassen. Die Resultate der im mineralogischen Institute der Universität Breslau ausgeführten Untersuchungen werden im Folgenden mitgeteilt.

Die in der vorliegenden Arbeit behandelten Verbindungen sind folgende:

I. Präparate von A. Rosenheim.

Complexe Rhodanide des dreiwertigen Molybdäns:

1) Kaliummolybdänhexarhodanat.
2) Ammoniummolybdänhexarhodanat.
3) Natriummolybdänhexarhodanat.

Complexe Rhodanide des dreiwertigen Chroms:

4) Kaliumchromidhexarhodanat.
5) Ammoniumchromidhexarhodanat.
6) Natriumchromidhexarhodanat.

II. Präparate von J. Gadamer.

7) Corydin.
8) Bulbocapnin.
9) Bulbocapninmonomethyläther (Methylbulbocapnin).
10) Monobenzoylbulbocapnin.

11) Ephedrin-Phenylthioharnstoff.
12) Pseudoephedrin-Phenylthioharnstoff.

III. Präparate von F. W. Semmler.

13) Patschoulialkohol.
14) Cedernkampfer oder Cedrol.
15) Cypressenkampfer.
16) Guajol oder Champacol.
17) Benzoyleugenol.
18) Acet-Isoeugenol.
19) Iso-Apiol oder Isapiol.
20) Menthylbenzoat.
21) Guajol-Glycerin.

IV. Präparat von H. Remmler.

22) $\alpha'$-Methyl-$\alpha$-Aethylolpiperidin.

## Complexe Rhodanide des dreiwertigen Molybdäns.

Bei Gegenwart von Alkalirhodanid geben stark salzsaure Lösungen von Molybdänsäure nach den Angaben von Sand und Burger (Ber. d. d. chem. Ges. 1908, **41**, 1506) elektrolytisch reduciert tiefrote Lösungen, aus den bei Zusatz von Alkalirhodaniden und weiterer Elektroreduction sich die vorliegenden Salze ausscheiden (Privatmitteilung).

### 1. Kaliummolybdänhexarhodanat $K_3Mo(SCN)_6.4H_2O$.

Das vorliegende Salz, hergestellt von J. Sand und J. Maas (Ber. d. d. chem. Ges. 1908, **41**, 3372), war bereits Gegenstand der Bestimmung durch Herrn Dr. H. Steinmetz, München (diese Zeitschr. 1909, **46**, 378). Die Resultate sind in den Hauptpunkten mit den meinigen übereinstimmend.

Krystallform: Pseudohexagonal.

Axenverhältnis:

Blaß: $a:c = 1:0{,}67197$, Steinmetz: $a:c = 1:0{,}6749$.

Beobachtete Formen: $m\{10\bar{1}0\}$, $o\{10\bar{1}1\}$, $c\{0001\}$.

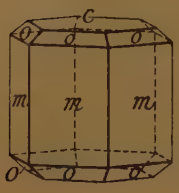
Winkeltabelle.

| | Blaß. | | Steinmetz. | |
|---|---|---|---|---|
| | Berechnet: | Gemessen: | Berechnet: | Gemessen: |
| $o:o = (10\bar{1}1):(01\bar{1}1) =$ | — | *35°42′ | — | *35°48′ |
| $o:m = (10\bar{1}1):(10\bar{1}0)$ | 52°11½′ | 52 8 | — | — |
| $o:c = (10\bar{1}1):(0001)$ | — | — | 37°35′ | 37 46 |

Die bis zu 5 mm großen Krystalle, die den typischen Habitus des hexagonalen Systems zeigen, sind säulig nach der $c$-Axe gestreckt bei

vorherrschendem $\{10\bar{1}0\}$ und $\{0001\}$. Die Farbe ist wie die aller Molybdänsalze zunächst goldgelb, verliert sich jedoch beim Liegen an der Luft und geht in ein Braun- bis Schmutziggelb über. Der fettige Glanz erschwerte die Bestimmung der Constanten, so daß eine große Zahl von Messungen ausgeführt werden mußte. Härte etwa 5. Vollkommene Spaltbarkeit nach $\{0001\}$.

Fig. 1.




Eine zur Hauptaxe senkrecht geschliffene Platte zwischen gekreuzte Nicols gebracht, hellt das Gesichtsfeld auf, ein Umstand, der die Krystalle aus dem hexagonalen Systeme verweist, trotz der geometrischen Übereinstimmung. Ein Axenbild war nicht zu bemerken.

**2. Ammoniummolybdänhexarhodanat** $(NH_4)_3Mo(SCN)_6 . 4H_2O$.

Untersuchungen dieses Salzes liegen ebenfalls von Steinmetz vor (diese Zeitschr. 1909, **46**, 377) (s. auch ebenda Figur).

Krystallform: Rhombisch.

Axenverhältnis: Blaß: $a : b : c = 0{,}60721 : 1 : 0{,}88406$.
Steinmetz: $a : b : c = 0{,}6134 : 1 : 0{,}8943$.

Beobachtete Formen: $o\{111\}$, $c\{001\}$, $d\{101\}$. Zwillinge nach $\{021\}$.

Winkeltabelle.

| | Blaß. | | Steinmetz. | |
|---|---|---|---|---|
| | Berechnet: | Gemessen: | Berechnet: | Gemessen: |
| $c : o = (001) : (111) =$ | — | *59°35′ | — | *59°40′ |
| $c : d = (001) : (101)$ | — | *55 31 | 55°31½′ | 55 34 |
| $o : o = (111) : (\bar{1}11)$ | 95°14′ | 95 5 | — | *94 42 |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1)$ | 53 11 | 53 17 | 53 41½ | 53 39 |
| $c : \underline{c} = (001) : (00\underline{1})$ | 58 59 | 58 53 | 58 25 | 58 27 |

Die schmutzig gelbbraunen, meist nur skelettartig ausgebildeten Krystalle erweisen sich in der Mehrzahl als Zwillinge nach einer Fläche des Domas $\{021\}$, das als selbständige Form nicht beobachtet werden konnte, und sind nach dieser Ebene ausgedehnt, wobei $\{001\}$ und $\{101\}$ gegen $\{111\}$ stark zurücktreten. Häufig fehlt $\{101\}$ überhaupt, wobei sich sodann die spiegelbildlich entsprechenden Pyramidenflächen so bedeutend ausdehnen, daß die von den anderen Paaren der Pyramidenflächen gebildeten Winkel überdeckt werden.

Eine optische Untersuchung machte die Beschaffenheit des Materials unmöglich.

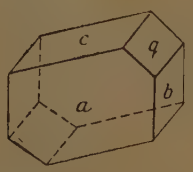
3. **Natriummolybdänhexarhodanat** $Na_3Mo(SCN)_6 . 12H_2O$.

Krystallform: Triklin.

Axenverhältnis: $b : c = 1 : 0{,}98114$.

Die Winkel der Axen und Axenebenen sind oben rechts vorn.

Fig. 2.




$\alpha = 72^0 46'$; $A = 79^0 20'$
$\beta = 107\ 12$; $B = 101\ 56$
$\gamma = 115\ 47$; $C = 112\ 20$

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$.

Winkeltabelle.

| | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|
| $c : a = (001) : (100)$ | — | $*78^0\ 4'$ |
| $c : b = (001) : (010)$ | — | $*100\ 40$ |
| $a : b = (100) : (010)$ | — | $*67\ 40$ |
| $c : q = (001) : (011)$ | $51^0 43'$ | $51\ 45$ |
| $b : q = (010) : (011)$ | — | $*48\ 57$ |
| $q : a = (011) : (100)$ | 62 0 appr. | 62 26 |

Die im frischen Zustande honiggelben, goldglänzenden Krystalle sind tafelig nach {100} ausgedehnt und bilden äußerst dünne Blättchen und Schuppen ohne scharfe Ausbildung der begrenzenden Formen {001} und {010}. Das Brachydoma {011} konnte ich nur an einem einzigen Krystalle als eindeutige Signale gebende Fläche beobachten. Die Krystalle, die sich meistens mit der Fläche {100} übereinander lagern, zeigen keine bestimmte Spaltbarkeit.

Die optische Untersuchung mußte sich darauf beschränken, die Auslöschungsrichtung auf {100} zu bestimmen. Sie bildet mit der fast zu einer Geraden verkürzten Basis im stumpfen Winkel $\alpha$ nach oben die Winkel für

| *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|
| $23^0$ | $24^0 15'$ | $22^0 15'$ |

Der Austritt einer optischen Axe konnte nicht beobachtet werden.

## Complexe Rhodanide des dreiwertigen Chroms.

Durch Zusatz von Alkalirhodanid zu Chromchloridlösung, Ausschütteln mit Aethylacetat und Umkrystallisieren des nach Abdestillieren des Aethylacetat verbleibenden Rückstandes aus Wasser erhielt A. Rosenheim stets nur die von Roesler (Liebigs Ann. d. Chem. 1866, **141**) beschriebenen Salze (Privatmitteilung).

### 4. Kaliumchromidhexarhodanat $K_3Cr(SCN)_6 . 4H_2O$.

Die Krystalle dieses Salzes wurden im Jahre 1866 von Herrn Prof. Voit in Karlsruhe (Liebigs Ann. d. Chem. **141**, 185) als »quadratisch« bestimmt, wobei er allerdings betont, daß die Krystalle »für Bestimmungen mit dem Reflexionsgoniometer nicht besonders geeignet sind«. Das Material hatte ihm Herr Dr. Roesler aus Warschau geliefert.

Die Ergebnisse meiner Messungen sind von den seinen vollständig abweichend und folgende:

Krystallform: Pseudohexagonal.

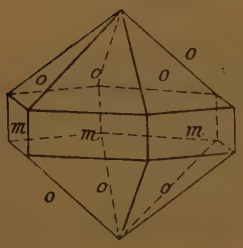
Axenverhältnis: $a : c = 1 : 0{,}67934$.

Beobachtete Formen: $m\{10\bar{1}0\}$, $o\{10\bar{1}1\}$.

Winkeltabelle.

| | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|
| $o : o = (10\bar{1}1) : (01\bar{1}1) =$ | — | *35°57′ |
| $o : m = (10\bar{1}1) : (10\bar{1}0)$ | 51°53′ | 51 58 |

Fig. 3.




Die kleinen, kugeligen Krystalle zeigen typisch hexagonalen Habitus durch fast stets gleich große Ausbildung der Flächen von $\{10\bar{1}1\}$, gegen die $\{10\bar{1}0\}$ zurücktritt. Der matte fettige Glanz der dunkelroten Individuen ließ die Reflexe stark ineinander verlaufen, so daß eine große Zahl von Messungen vorgenommen werden mußte, um obige Genauigkeit zu erzielen. Unvollkommene Spaltbarkeit nach $\{0001\}$. Härte groß, etwa 7.

Ein Spaltungsplättchen nach $\{0001\}$ zeigte zwischen gekreuzten Nicols dieselbe Erscheinung wie das entsprechende Molybdänsalz, nämlich Aufhellung des Gesichtsfeldes ohne Änderung der Intensität beim Drehen. Es ist demnach die Hauptaxe nicht Axe der Isotropie. Ein Axenbild war nicht zu beobachten.

### 5. Ammoniumchromidhexarhodanat $(NH_4)_3Cr(SCN)_6 . 4H_2O$.

Wie das vorhergehende Salz wurde auch dieses von Voit untersucht und mit jenem als isomorph erklärt (Liebigs Ann. d. Chem. 1866, **141**, 185). Aber auch hier ergeben meine Bestimmungen ein vollständig anderes Resultat. Da mir eine Nachprüfung seines Materials natürlich nicht möglich war, so kann ich eine Erklärung für die so grundverschiedenen Messungen nur in der eventuellen Verschiedenheit der Auskrystallisationsweisen der Salze finden.

Krystallform: Rhombisch.

Axenverhältnis: $a : b : c = 0{,}61109 : 1 : 0{,}87651$.

Beobachtete Formen: $o\{111\}$, $c\{001\}$, $d\{101\}$. Zwillinge nach $\{021\}$.

Winkeltabelle.

| | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|
| $c : d = (001) : (101) =$ | — | *55° 7′ |
| $c : o = (001) : (111)$ | — | *59 15 |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1)$ | 53° 16½′ | 53 20 |
| $o : o = (111) : (\bar{1}11)$ | 94 20½ | 94 15 |
| $o : d = (111) : (101)$ | 26 37 | 26 41 |
| $o : o = (111) : (11\bar{1})$ | 61 30 | 61 35 |
| $c : \underline{c} = (001) : (\underline{001})$ | 59 24 | 59 30 |

Die im durchfallenden Lichte rubinrot gefärbten kleinen Krystalle gleichen in ihrem Habitus fast ganz denen der Molybdänverbindung. Nur sehr selten treten einfache Individuen auf, die sich äußerst verzerrt darbieten. Bei weitem am häufigsten ist Zwillingsbildung nach einem Brachydoma von doppelter Höhe, wobei sich die einzelnen Flächen ziemlich das Gleichgewicht halten. Nur skelettartige Ausbildung zeigte sich stets beim Ausscheiden aus der Mutterlauge an den Wänden des Gefäßes. Eine Spaltbarkeit scheint nach der Basis zu gehen. Die Härte ist etwa 7.

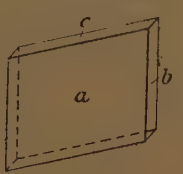
Die Kleinheit der Krystalle gestattete eine optische Untersuchung nicht.

### 6. Natriumchromidhexarhodanat $Na_3Cr(SCN)_6 . 12H_2O$.

Krystallform: Triklin.

Die Winkel der Axen und der Axenebenen sind oben rechts vorn.

Fig. 4.




$\alpha = 74° 1′$ $A = 80° 5′$

$\beta = 107\ 44$ $B = 102\ 19$

$\gamma = 114\ 46$ $C = 111\ 30$

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$.

Winkeltabelle.

| | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|
| $c : a = (001) : (100) =$ | — | *77° 41′ |
| $c : b = (001) : (010)$ | — | *99 55 |
| $a : b = (100) : (010)$ | — | *68 30 |

Fast ausschließlich nur als dünne rote Blättchen tafelig nach $\{100\}$ entwickelt, mit selten deutlich ausgebildeten und unverletzten Begrenzungsflächen. Die optischen Axen konnten nicht beobachtet werden. Eine Auslöschungsrichtung bildet im stumpfen Winkel $\alpha$ mit der verticalen Axe nach rechts die Winkel:

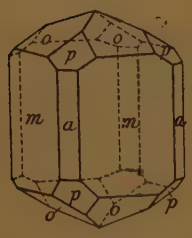
| *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|
| 62° 30′ | 63° 15′ | 62° |

Die vorliegenden Resultate ermöglichen eine Bestätigung der Vermutungen des Herrn Prof. Dr. Rosenheim, die sich auf die rein chemische Zusammensetzung der Verbindungen stützt: Die Gruppe der Hexarhodanatosalze des Molybdäns sind nicht untereinander isomorph, ebenso wie es die der Chromhexarhodanatosalze nicht sind. Wohl aber sind die entsprechenden Salze der Molybdän- und der Chromhexarhodanate isomorph. Es hat sich ergeben, daß entgegen den Bestimmungen von Voit, die Salze derselben Reihe auch in krystallographischer Beziehung vollständig von einander verschieden sind, und daß infolgedessen, wie auch Steinmetz schreibt, eine Isomorphie der einzelnen Salze des Molybdäns wie des Chroms untereinander nicht vorzuliegen scheint. Hingegen läßt ohne Zweifel der nahe verwandte bis vollständig identische Habitus und vor allem die Winkelähnlichkeit bei den Krystallen der entsprechenden Salze beider Reihen auf Isomorphie schließen. (Man vergleiche hierzu die Tabelle, die unter A. Rosenheim in den Ber. d. d. chem. Ges. **42**, 2295 erschienen ist.)

---

### 7. Corydin $C_{21}H_{23}NO_4$ oder $C_{21}H_{25}NO_4$.

Fig. 5.




Krystalle hergestellt von J. Gadamer aus Corydalis cava (Arch. d. Pharm. 1902, **240**, 94).

Optisch activ. 0,3888 g zu 24,9446 ccm in Chloroform gelöst ergaben für $\alpha_D^{20}$ einen Winkel von $+6{,}37^0$, woraus sich $[\alpha]_D^{20} = +204{,}35^0$ berechnet.

Krystallform: Tetragonal trapezoëdrisch.

Axenverhältnis: $a : c = 1 : 0{,}39896$.

Beobachtete Formen: $o\{111\}$, $p\{201\}$, $m\{110\}$, $a\{100\}$.

Winkeltabelle.

| | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | — | *40°10′ |
| $o : m = (111) : (110)$ | 60°34′ | 60 33 |
| $p : a = (201) : (100)$ | 51 25 | 51 24 |
| $o : a = (111) : (100)$ | 69 40 | 69 43 |
| $p : p = (201) : (021)$ | 52 20 | 52 25 |
| $o : p = (111) : (201)$ | 26 34 | 26 34 |
| $o : o = (111) : (11\bar{1})$ | 121 8 | 121 10 |

Bei den bis zu 2 cm großen, vorzüglich ausgebildeten Krystallen treten $\{201\}$ und $\{100\}$ stark gegen die beiden anderen Formen zurück. Vollkommene Spaltbarkeit nach $\{100\}$, weniger deutlich eine solche nach $\{001\}$. Härte entspricht etwa der des Talkes.

Circularpolarisierend und zwar rechtsdrehend. Zur Bestimmung des Drehungsvermögens wurden drei Schliffe hergestellt, deren Dicken mit Hilfe

des Zeissschen Tiefentasters gemessen wurden. Die Beobachtung wurde mittels des Axenwinkelapparates von R. Fuess ausgeführt. Es ergaben:

Platte I. 1,122 mm dick für

| *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|
| 11°30′ | 14°30′ | 16°20′, |

Platte II. 0,866 mm dick für

| *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|
| 9°15′ | 11°25′ | 12°30′, |

Platte III. 0,7665 mm dick für

| *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|
| 8°0′ | 10°20′ | 11°25′. |

Aus den für die 1 mm Platte reducierten drei Werten ergibt sich folgendes Mittel des Drehungsvermögens der Normalplatte:

| *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|
| 10°28′ | 13°9′ | 14°19⅓′. |

Zur Bestimmung der Doppelbrechung wurde ein Prisma parallel der Hauptaxe geschliffen. Sie erwies sich jedoch als so gering, daß es nicht möglich war, die beiden Strahlen zu trennen. Ich erhielt die Brechungsquotienten für

| | *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|---|
| zu | 1,62 | 1,63 | 1,64 |

Fig. 6.

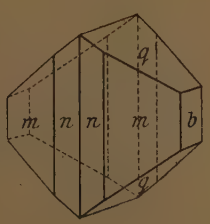


Ohne Anwendung der hierbei in Betracht kommenden Lösungsmittel, wie z. B. Äther, konnte ich die gezeichneten Ätzgrübchen erhalten. Die eigentümliche hakenförmige Gestalt der Grübchen und ihre Lage auf den einzelnen Flächen lassen die trapezoëdrische Hemiëdrie deutlich erkennen.

### 8. Bulbocapnin $C_{19}N_{19}NO_4$.

Die Krystalle sind ebenfalls von J. Gadamer aus Corydalis cava dargestellt worden (Arch. d. Pharm. 1902, **240**, 93). Schmelzp. 199°—200°.

Fig. 7.




Bulbocapnin, dargestellt von Freund und Josephi (Liebigs Ann. d. Chem. 1893, **277**, 10), war bereits Gegenstand der krystallographischen Bestimmung durch H. Traube (diese Zeitschr. 1896, **25**, 631).

Optisch activ. Nach Traube ergaben 0,6722 g der Substanz in 15 ccm Chloroform gelöst eine Rechtsdrehung von 21,25°. Hieraus ist $[\alpha]_D^{20} = +237{,}1°$.

Krystallform: Rhombisch hemiëdrisch.

Axenverhältnis: $a : b : c = 0{,}72520 : 1 : 0{,}71792$.

[Nach Traube: $a : b : c = 0{,}72700 : 1 : 0{,}73682$].

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $n\{210\}$, $q\{011\}$, $b\{010\}$.

Winkeltabelle.

| | Blaß. | | Traube. | |
|---|---|---|---|---|
| | Berechnet: | Gemessen: | Berechnet: | Gemessen: |
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0) =$ | — | *71°53′ | — | *72° 2′ |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1)$ | — | *71 21 | — | *72 46 |
| $n : n = (210) : (2\bar{1}0)$ | 39°52′ | 39 51 | 39°57′ 8″ | 40 2 |
| $n : m = (210) : (110)$ | 16 2 | 16 2½ | 16 2 16 | 16 11 |
| $m : q = (110) : (011)$ | 69 59 | 70 5 | 69 42 34 | 69 48 |
| $n : q = (210) : (011)$ | 78 32¾ | 78 35 | — | — |
| $m : b = (110) : (010)$ | 53 31½ | 53 1 | 63 49 30 | 53 45 |
| $n : b = (210) : (010)$ | 70 4½ | 70 6 | — | — |
| $q : b = (011) : (010)$ | 54 19½ | 54 25 | 56 37 | 53 35 |

Die grünlichen, gut ausgebildeten Krystalle sind nach der $c$-Axe gestreckt und erhalten durch das Vorherrschen von $\{110\}$ gegen das nur mit schmalen Flächen auftretende $\{210\}$ den typisch rhombischen Habitus. Die Längsfläche $\{010\}$ konnte ich nur bei einem einzigen Individuum beobachten. $\{011\}$ zeigte fast stets skelettartige Structur parallel den Prismenflächen $\{110\}$. Vollkommene Spaltbarkeit nach $\{010\}$, geringere nach $\{001\}$. Härte liegt zwischen 3 und 4.

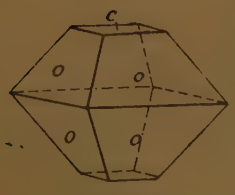
Die optische Axenebene ist $\{100\}$, erste Mittellinie $b$, die Axe der größten Elasticität. Der größte und kleinste Brechungsquotient konnte an einem natürlichen Prisma, gebildet von $(110)$ und $(\bar{1}10)$, bestimmt werden.

| | *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|---|
| $\gamma$ | 1,7555 | 1,7684 | 1,7828 |
| $\alpha$ | 1,6411 | 1,6519 | 1,6752 |

Aus der nicht vollsymmetrischen Gestalt der auf den Prismenflächen auftretenden Ätzfiguren, die schwach verzerrten Dreiecken ähneln, geht die Hemiëdrie hervor.

### 9. Bulbocapninmonomethyläther $C_{20}H_{21}NO_4$.

Fig. 8.




Krystalle hergestellt von J. Gadamer durch Einwirkung von Jodmethyl in alkoholischer Lösung oder von Diazomethan in ätherischer Lösung auf Bulbocapnin, wodurch das $H$ der freien Phenol-$OH$-Gruppe dieses Alkaloides durch Methyl ersetzt wird (Privatmitteilung).

Opitisch activ. 0,7848 g der Substanz in 49,862 ccm Chloroform gelöst ergaben $\alpha_D^{20} = +7{,}78^0$, woraus sich berechnet $[\alpha]_D^{20} = +247{,}2^0$.

Krystallform: Tetragonal hemiëdrisch.

Axenverhältnis: $a : c = 1 : 1{,}05540$.
Beobachtete Formen: $o\{111\}$, $c\{001\}$.

Winkeltabelle.

| | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | — | *71°57′ |
| $o : o = (111) : (11\bar{1}) =$ | 67°40′ | 67 40 |

Bei den bis $1\frac{1}{2}$ cm großen gut ausgebildeten Krystallen tritt $\{001\}$ gegen $\{111\}$ zurück. Die Härte ist gering. Bruch muschelig. Erst in sehr dünnen Schichten zeigt sich eine Spaltbarkeit nach $\{110\}$.

Doppelbrechung stark und negativ. Ein senkrecht zur $c$-Axe geschliffenes Prisma ergab die Brechungsquotienten:

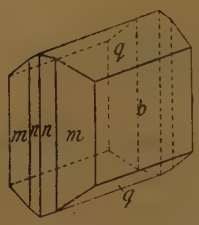
| | *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|---|
| $\omega$ | 1,67135 | 1,68019 | 1,68902 |
| $\varepsilon$ | 1,60859 | 1,62172 | 1,62550 |

Eine senkrecht zur Axe der Isotropie geschliffene Platte zeigte bei weißem Lichte mit parallelem Strahlengange im Polarisationsinstrumente eine schwache Änderung der Farbe und zwar bei einer Rechtsdrehung des Analysators einen Übergang von blau in rot. Die Substanz würde also rechtsdrehend sein, übereinstimmend mit der Drehung im amorphen resp. gelöstem Zustande. Bei convergentem Lichte war jedoch das typische Axenbild drehender Substanzen nicht zu constatieren. Hingegen hellte bei parallelem, homogenem Natriumlichte eine solche Platte beim Einführen zwischen die gekreuzten Nicols das Gesichtsfeld auf, ohne daß man jedoch eine Stelle der Dunkelheit durch Nachdrehen des Analysators wieder erreichen konnte. Diese Erscheinungen zeigten sich sowohl bei Schliffen von z. B. 0,861 mm Dicke als auch bei den äußerst dünnen von 0,1 mm. Ich vermag daher nicht eindeutig zu entscheiden, ob das vorliegende Alkaloid ein Drehungsvermögen besitzt. Ich glaube aber, daß es höchstwahrscheinlich inactiv ist, und daß man die Erscheinungen des beobachteten schwachen Farbenwechsels und der Aufhellung vielmehr den noch in der Substanz enthaltenen winzigen Spuren des starkdrehenden Corydins zuschreiben darf.

Eine einer Symmetrieebene entsprechende Fläche stand mir bei dem Material nicht mehr für Ätzversuche zur Verfügung. Auf einigen der Pyramidenflächen erhielt ich durch kurzes Liegen in stark verdünntem Alkohol dieselben Figuren, wie ich sie beim Corydin beobachten konnte, d. h. Grübchen, deren Umrisse schiefwinkelige Dreiecke darstellten, und die in den nach der Spitze der Pyramide zu liegenden Ecken vertieft waren. Auf der Mehrzahl der Flächen waren diese Grübchen in Risse parallel den Basiskanten verlängert. Diese Ätzfiguren gestatten aber wohl den Schluß auf Hemiëdrie.

### 10. Monobenzoylbulbocapnin $C_{26}H_{23}NO_5$.

Fig. 9.




Krystalle dargestellt von J. Gadamer durch Ersetzen des *H* der freien Phenol-*OH*-Gruppe durch die Benzoylgruppe $C_6H_5CO$ (Privatmitteilung).

Optisch activ. 0,3930 g in 24,9554 ccm Chloroform gelöst ergaben eine Rechtsdrehung von $+2{,}92^0$. Hieraus berechnet sich $[\alpha]_D^{20} = +92{,}7^0$.

Krystallform: Rhombisch.

Axenverhältnis: $a : b : c = 0{,}89437 : 1 : 0{,}63116$.

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $n\{210\}$, $q\{011\}$, $b\{010\}$.

Winkeltabelle.

| | | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|---|
| $m : m$ | $= (110) : (1\bar{1}0)$ | — | *83° 37′ |
| $m : b$ | $= (110) : (010)$ | 48° 11½′ | 48 10 |
| $q : q$ | $= (011) : (0\bar{1}1)$ | — | *64 31 |
| $q : b$ | $= (011) : (010)$ | 57 44½ | 57 40 |
| $n : n$ | $= (210) : (2\bar{1}0)$ | 48 11 | 48 6 |
| $m : n$ | $= (110) : (210)$ | 17 43 | 17 40 |
| $n : b$ | $= (210) : (010)$ | 65 54½ | 65 50 |

Die kleinen, gelblich- bis grünbräunlichen Krystalle sind in der Mehrzahl tafelig nach {010} ausgebildet. {210} tritt überhaupt selten und dann nur in feinen schmalen Flächen auf. Einige Male wurde Vorherrschen von {110} den Flächen von {010} gegenüber beobachtet. In der Ecke, gebildet von {011} und {210}, konnte eine winzige Fläche, ein Brachydoma, constatiert werden, dessen Kleinheit eine Messung und genaue Bestimmung nicht ermöglichte. {010} zeigt feine Streifung parallel der *c*-Axe, die von einer ziemlich deutlichen Spaltbarkeit nach {100} hervorgerufen wird. Alle Messungen waren durch das Auftreten von Vicinalflächen erschwert. Eine höchst vollkommene Teilbarkeit geht nach {010} und zwar zerbricht der Krystall sehr leicht in zwei gleiche Hälften, ohne daß eine wahre Spaltbarkeit nach {010} hindurchginge.

Ebene der optischen Axen ist {001}. Erste Mittellinie, Axe der größten Elasticität, die *b*-Axe. Mittels zweier Prismen wurden die Brechungsquotienten für rotes, gelbes und günes Licht bestimmt.

Prisma I, gebildet aus den natürlichen Flächen (110) und (1$\bar{1}$0), ergab:

| I. | $\alpha$ | $\beta$ |
|---|---|---|
| *Li* | 1,2762 | 1,2818 |
| *Na* | 1,2798 | 1,2859 |
| *Tl* | 1,2813 | 1,2885 |

Prisma II, gebildet von (110) und der Teilungsebene (010), ergab bei senkrechter Incidenz der Strahlen auf (010)

| II. | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|
| *Li* | 1,2800 | 1,2831 |
| *Na* | 1,2851 | 1,2894 |
| *Tl* | 1,2865 | 1,2920 |

Für $\beta$ ergeben sich daher die Mittelwerte:

| *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|
| 1,2809 | 1,2855 | 1,2875 |

In Cedernholzöl mit den Brechungsquotienten

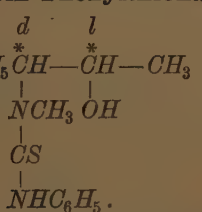
| | *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|---|
| $n$ | 1,4969 | 1,4990 | 1,5014 |

wurde an einem nach {010} ausgedehntem Krystalle $2H$ gemessen, so daß sich nach Berechnung der Werte für $2V$, $2E$ und $2H$ folgende Tabelle ergibt:

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ | $2E$ | $2H$ | $2H$ gemessen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Li* | 1,2762 | 1,2809 | 1,2831 | 76°54′ | 105°23′ | 64°18′ | 65°45′ |
| *Na* | 1,2798 | 1,2855 | 1,2894 | 78 34 | 108 58 | 65 46 | 66 20 |
| *Tl* | 1,2813 | 1,2875 | 1,2920 | 80 6 | 111 52 | 66 58 | 66 32 |

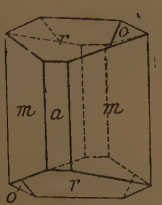
Anm. Da das Durchlassungsvermögen der Krystalle für Rot nur sehr schwach war, so können die Resultate dafür nur als angenähert gelten.

### 11. Ephedrin-Phenylthioharnstoff



Krystalle dargestellt von J. Gadamer (Mitteilungen aus d. pharm. Inst. der Universität Breslau 1908, Heft X, 296). Durch Alkalisieren mit Natriumcarbonat und Ausschütteln mit rectificiertem Äther wurde aus Ephedrinum hydrochloricum von Merck die freie Base dargestellt. Sodann wurde sie in Alkohol gelöst, mit Phenylsenföl versetzt und zwei Tage bei gewöhnlicher Temperatur stehen gelassen. Beim Umkrystallisieren aus Alkohol schieden sich die vorliegenden Krystalle aus, die unter Zersetzung bei 115° schmolzen.

Fig. 10.




Optisch activ. 0,9678 g zu 24,9554 ccm in absolutem Alkohol gelöst, ergaben $\alpha_D^{20} = -8{,}15°$, woraus sich $[\alpha]_D^{20} = -105{,}1°$ berechnet.

Krystallform: Rhombisch hemiëdrisch sphenoidal.

Axenverhältnis: $a : b : c = 0{,}81703 : 1 : 0{,}42834$.

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$, $o\{111\}$.

Winkeltabelle.

| | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|
| $a : r = (100) : (101) =$ | — | *62° 20′ |
| $a : m = (100) : (110)$ | — | *39 15 |
| $r : r = (101) : (\bar{1}01)$ | 55° 20′ | 55 24 |
| $r : r = (101) : (10\bar{1})$ | 124 40 | 124 43 |
| $m : m = (110) : (\bar{1}10)$ | 101 30 | 101 28 |
| $o : a = (111) : (100)$ | 64 17 | 64 22 |
| $o : m = (111) : (110)$ | 124 5 | 124 0 |
| $r : m = (101) : (110)$ | 68 56 | 68 59 |
| $r : o = (101) : (111)$ | 110 46½ | 110 40 |

Meist halten sich bei den wasserhellen, glasglänzenden Krystallen, die nach der $c$-Axe gestreckt sind, die auftretenden Formen bis auf $\{111\}$ das Gleichgewicht, seltener tritt $\{100\}$ gegen $\{110\}$ zurück. Das Sphenoid war immer als rechtes ausgebildet.

Vollkommene Spaltbarkeit nach $\{100\}$ und $\{010\}$, weniger deutlich nach $\{001\}$. Härte gering, zwischen 1 und 2.

Ebene der optischen Axen ist $\{001\}$. Erste Mittellinie die $a$-Axe. Doppelbrechung schwach und positiv. Dispersion äußerst gering, ein Umstand, der die Bestimmung der optischen Axenwinkel und Brechungsquotienten sehr erschwerte.

An einem nach der Querfläche tafeligen Krystalle wurde in Cedernholzöl, mit den auf S. 31 angegebenen Brechungsquotienten der scheinbare Axenwinkel gemessen:

| | *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|---|
| $2H_a$ | 79° 3′ | 79° 14′ | 79° 21′ |

Die Bestimmung zweier Brechungsquotienten wurde an einem natürlichen Prisma, gebildet von $(110)$ und $(\bar{1}10)$, ausgeführt und zwar nur für *Na*-Licht.

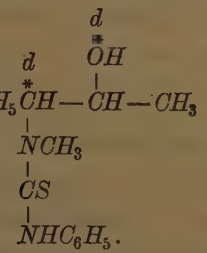
$$\alpha = 1{,}2696 \text{ und } \beta = 1{,}2876.$$

Nach Berechnung des wahren Axenwinkels und des dritten Brechungsquotienten erhält man für *Na*-Licht

| $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $2V$ | $2E$ | $2H$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1,2696 | 1,2876 | 1,3332 | 66° 25⅓′ | 89° 42⅔′ | 79° 14′ |

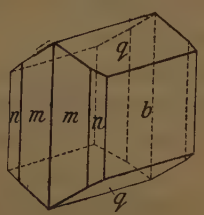
Eindeutige Ätzfiguren konnten nicht beobachtet werden.

### 12. Pseudoephedrin-Thioharnstoff



Krystalle dargestellt von J. Gadamer, durch Einwirkung von Phenylsenföl auf Pseudoephedrin Merck (Mitteilungen aus d. pharm. Inst. der Universität Breslau 1908, Heft X, 297). Schmelzpunkt ohne Zersetzung bei 122°.

Fig. 11.




Optisch activ. 1,0336 g zu 24,9554 ccm in absolutem Alkohol gelöst, drehten um $\alpha_D^{20} = +1{,}89^0$, woraus sich $[\alpha]_D^{20} = +22{,}8^0$ berechnet.

Krystallform: Rhombisch.

Axenverhältnis: $a : b : c = 0{,}37134 : 1 : 0{,}62669$.

Beobachtete Formen: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $n\{120\}$, $q\{011\}$.

Winkeltabelle.

| | | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|---|
| $m : m$ | $= (110) : (1\bar{1}0)$ | — | *40° 45′ |
| $q : q$ | $= (011) : (0\bar{1}1)$ | — | *64 9 |
| $m : b$ | $= (110) : (010)$ | 69° 37′ 20″ | 69 42 |
| $q : b$ | $= (011) : (010)$ | 57 55 | 57 52 |
| $n : b$ | $= (120) : (010)$ | 53 24 | 53 40 |
| $n : m$ | $= (120) : (110)$ | 15 13 | 15 0 |
| $n : n$ | $= (120) : (1\bar{2}0)$ | 73 28 | 73 12 |

Die nicht unerheblichen Abweichungen zwischen Messung und Rechnung der drei letzten Resultate ergaben sich aus den sehr verzerrten Signalen von $\{120\}$.

Die kleinen, farblosen bis leicht bräunlichen Krystalle sind meist in Gruppen zu Rosetten vereinigt. Der Habitus der Individuen wechselt, bald sind sie tafelig nach $\{010\}$ ausgedehnt, bald säulig nach der $c$-Axe gestreckt, bei Gleichmaß der Prismenflächen und Zurücktreten des Domas. Leichte Streifung ist auf $\{010\}$ zu bemerken. Vollkommene Spaltbarkeit nach $\{001\}$. Härte etwa 2.

Ebene der optischen Axen $\{001\}$, erste Mittellinie, Axe der kleinsten Elasticität, ist $b$. Der scheinbare optische Axenwinkel in Cedernholzöl (Brechungsquotienten siehe S. 31) und in Luft wurde gefunden:

| für | *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|---|
| $2E$ | 75°40′ | 76°15′ | 76°35′ |
| $2E$ berechnet | 74 52 | 75 34 | 76 18 |
| $2H_a$ | 47 55 | 48 15 | 48 35 |

### 13. Patschoulialkohol $C_{15}H_{26}O$.

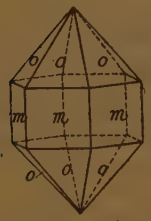
Krystalle dargestellt von F. W. Semmler.

Patschoulialkohol bildet den Hauptbestandteil des Patschoulióles, das durch Wasserdestillation der Blätter der Labiate Pogostemon Patschouli Pellet gewonnen wird (Semmler, Handbuch der ätherischen Öle **2**, 54 und **3**, 232).

Optisch activ und zwar linksdrehend. Nach Montgolfier (Ber. d. d. chem. Ges. 1877, **10**, 234) beträgt die Drehung im geschmolzenen Zustande $[\alpha]_D^{20} = -118^0$, in alkoholischer Lösung $[\alpha]_D^{20} = -124{,}5^0$.

Dieser Patschoulialkohol ist bereits mehrfach untersucht und beschrieben worden. Man gab ihm zunächst den Namen Patschoulikampfer und erst Wallach (Liebigs Ann. d. Chem. 1892, **274**, 1286) änderte den Namen in Patschoulialkohol mit der Formel $C_{15}H_{25}OH$. Montgolfier constatierte in der erwähnten Abhandlung, daß der Patschoulikampfer in hexagonalen Prismen mit Pyramiden krystallisiert und in fester Form kein Rotationsvermögen zeigt. Des Cloizeaux (Compt. rend. 1870, **70**, 1209) gibt das Axenverhältnis $a : c = 1 : 0{,}55$ und beobachtete ebenfalls keine Drehung. H. Traube (Neues Jahrb. f. Miner. usw. 1895, **10**. Beil.-Bd., 789; ref. in dieser Zeitschr. **30**, 402) hingegen fand, daß die ihm zur Verfügung stehenden über Centimeter großen, wasserhellen Krystalle, die stets nur die Combination $\{10\bar{1}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$ zeigten und deren specielle Symmetrieverhältnisse nicht festgestellt werden konnten, circularpolarisierend seien. Und zwar resultiert für die 1 mm Normalplatte $\alpha_D^{20} = -1{,}325^0$. Die Untersuchung des mir vorliegenden Präparates ergab die folgenden Daten:

Fig. 12.




Krystallform: Hexagonal.

Axenverhältnis: $a : c = 1 : 0{,}56528$.

Beobachtete Formen: $m\{10\bar{1}0\}$, $o\{10\bar{1}1\}$.

Winkeltabelle.

| | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|
| $o : m = (10\bar{1}1) : (10\bar{1}0)$ | — | *56°52′ |
| $o : m = (10\bar{1}1) : (01\bar{1}0)$ | 74° 0′ | 74 14 |
| $o : o = (10\bar{1}1) : (01\bar{1}1)$ | 31 44 | 31 35 |

Durch fast gleichmäßige Größenverteilung der leicht gekrümmten Flächen

von $\{10\bar{1}1\}$ und $\{10\bar{1}0\}$ erscheinen die wasserhellen, intensiv moderig riechenden Krystalle als fast kugelige Aggregate. Bei einzelnen Individuen war der Habitus durch das Vorherrschen von zwei gegenüberliegenden Prismenflächen bedingt. Die auftretende Krümmung beeinträchtigte die Beobachtung sehr. Eine Spaltbarkeit war nicht vorhanden. Die Härte ist gering, etwa 1.

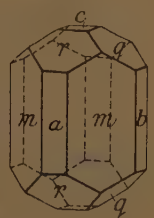
Bei ziemlich starker Dispersion ist die mäßige Doppelbrechung negativ. Die von H. Traube beobachtete Drehung der Polarisationsebene konnte nicht constatiert werden. Da sie, wie seine Angaben zeigen, äußerst schwach ist, wurden Platten von beträchtlicher Dicke (bis zu 7 mm) hergestellt. Bei keiner konnte eine Drehung bemerkt werden. Wohl aber tritt im homogenen parallelen Natriumlichte eine Aufhellung des dunklen Gesichtsfeldes ein, die nicht durch Nachdrehen des einen Nicols zum Verschwinden gebracht werden kann, eine Erscheinung, die wohl auf die nicht völlige Reinheit der Substanz zurückzuführen ist.

Beim Ätzen mit angesäuertem Wasser wurden alle Flächen gleichmäßig angegriffen und winzige, kreisrunde Löcher hervorgebracht. Trotzdem möchte ich nicht hieraus auf unbedingte Vollflächigkeit schließen.

Vergleichen wir nun die über den Patschoulialkohol gefundenen Resultate, so findet man in krystallographischer Beziehung vollständige Übereinstimmung. Hingegen stehen sich in dem Punkte der Circularpolarisation die Angaben der einzelnen Autoren diametral gegenüber. Ich kann daher nur annehmen, daß H. Traube einen in der chemischen Structur anderen Patschoulialkohol in den Händen gehabt hat, als er z. B. Des Cloizeaux und mir zur Verfügung stand. Für diese Vermutung, die durch die Untersuchungen begründet ist, spricht auch noch ohne Zweifel, daß nach Semmler in der Tat die chemische Structur des Patschoulialkohols noch unbekannt ist.

### 14. Cedrol (Cedernkampfer) $C_{15}H_{26}O$.

Fig. 13.




Krystalle dargestellt von F. W. Semmler aus dem durch Wasserdestillation der Juniperus virginiana erhaltenen Cedernholzöle (Semmler, Handbuch der ätherischen Öle 3, 225). Der Siedepunkt schwankt beträchtlich. Nach Semmler 261°—263°, während Schimmel & Co. sogar 290°—292° angaben (Jahresberichte von Schimmel & Co. 1904, 2, 19). Schmelzpunkt 83°—87°.

Optisch activ und zwar linksdrehend. Es schwankt die Angabe des Drehungswinkels bei den verschiedenen Autoren: $\alpha_D = -84°$ bis $-61°$.

Krystallform: Rhombisch.

Axenverhältnis: $a : b : c = 0{,}98385 : 1 : 0{,}70502$.

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$.

Winkeltabelle.

| | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0)$ | — | *89° 4′ |
| $m : r = (110) : (101)$ | — | *65 28 |
| $m : q = (110) : (011)$ | 66°12′ | 66 10 |
| $m : b = (110) : (010)$ | 45 28 | 45 26 |
| $r : a = (101) : (100)$ | 54 22½ | 54 25 |
| $q : b = (011) : (010)$ | 54 49 | 54 44 |
| $r : r = (101) : (\bar{1}01)$ | 71 15 | 71 11 |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1)$ | 70 22 | 70 26 |
| $r : q = (101) : (011)$ | 48 29 | 48 22 |

Ihrer Ausbildung nach lassen sich die Krystalle in zwei Typen teilen. Typus I zeigt ausgesprochenen rhombischen Habitus, stark an den des Cölestins erinnernd. Bei fast quadratischem Querschnitte und säuliger Streckung nach $c$ herrscht {110} in der Verticalzone vor, während sich {101} und {011} fast das Gleichgewicht halten, zu denen {001} als kleine Fläche hinzutritt. Typus II erscheint pseudoasymmetrisch. Die Individuen sind in Richtung der Zonenaxe $(m : r : q : m)$ ausgedehnt und durch größere Flächenausbildung von zwei gegenüberliegenden Prismenflächen von mehr tafeliger Tracht. Bei diesem Typus fehlt {010} und {001} stets.

Eine vorzügliche Spaltbarkeit folgt {001}, eine weniger deutliche {110}. Härte etwa 2.

Ebene der optischen Axen ist {010}, erste Mittellinie ist $a$, die Doppelbrechung positiv. An einer nach {100} geschliffenen Platte wurde der scheinbare optische Axenwinkel in Luft und in Cedernholzöl (Brechungsquotienten siehe S. 31) bestimmt.

| | *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|---|
| $2H_a$ | 36°51′ | 37° 4′ | 37°13′ |
| $2E$ | 64 23 | 64 45 | 65 5 |
| $2E$ berechnet | 63 52 | 64 37 | 65 14 |

### 15. Cypressenkampfer $C_{15}H_{26}O$.

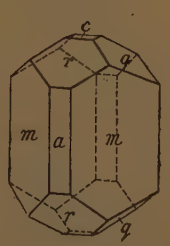
Krystalle dargestellt von F. W. Semmler aus den Hochsieden: den Anteilen (von 135° an bei 5 mm Druck) des Cypressenöles, das aus den Blättern und jungen Zweigen von Cupressus sempervirens destilliert wird (Semmler, Handbuch der ätherischen Öle **3**, 226). Schmelzpunkt glatt bei 86°—87°. Siedepunkt bei 290°—292° (Jahresberichte von Schimmel & Co. 1904, **2**, 19).

Optisch inactiv. »In seinem chemischen Verhalten«, so schreiben Gildemeister und Hoffmann in ihrem Handbuch der ätherischen Öle, S. 346, »gleicht der Cypressenkampfer dem Cedernkampfer, von dem er sich jedoch durch seine optische Inactivität unterscheidet«. Sie sehen ihn

als die »optisch inactive Modification des Cedrols« an. Auch F. W. Semmler glaubt annehmen zu dürfen, daß Cedern- und Cypressenkampfer »chemisch identisch und optisch isomer« seien. Er schreibt: »Der Unterschied vom Cedernkampfer besteht darin, daß dieser rechtsdrehend ist und in ein linksdrehendes Sesquiterpen übergeht, während Cypressenkampfer inactiv erscheint und den gleichen rechtsdrehenden Kohlenwasserstoff liefert«.

Meine Untersuchung ergab, daß zwar Krystallform und optische Eigenschaften von Cypressen- und Cedernkampfer sehr ähnlich, aber keineswegs identisch sind; die Abweichungen fallen entschieden außerhalb der Fehlergrenzen. Die Krystalle des vorliegenden Kampfers gehören ausschließlich dem Typus I des Cedrols an, unterscheiden sich aber von diesem durch das äußerst seltene Auftreten von {001} bei gänzlichem Fehlen von {010}. An einigen Individuen konnte ein Übergang des Typus I in II constatiert werden, wobei ein rechteckig-tafeliger Habitus an Stelle des quadratisch-säuligen tritt, jedoch die Streckung nach $c$ beibehalten bleibt. Die nahe, nur um einige Minuten abweichende Übereinstimmung der von den Flächen $(110):(1\bar{1}0)$ und $(110):(101)$ gebildeten Winkel erscheint zunächst so groß, daß man Identität der beiden Kampferarten anzunehmen geneigt sein könnte. Hingegen zeigen die Winkel, die die Neigung der Domenflächen $q$ geben, einen Unterschied von fast einem Grad. Konnte man schon aus den guten Signalen, die die Flächen gaben, schließen, daß diese Abweichungen nicht als Beobachtungsfehler anzusehen sind, so wird dies ganz eindeutig dadurch bewiesen, daß die aus den Fundamentalwinkeln berechneten Werte mit den beobachteten fast genau übereinstimmen. Auf Grund gerade dieser Tatsache halte ich entgegen der angeführten Ansicht von Gildemeister und Hoffmann, sowie der Semmlers den Cedern- und Cypressenkampfer für nicht identisch.

Fig. 14.




Übereinstimmend bei den beiden Kampferarten sind wiederum die Cohäsions- und optischen Elasticitätsverhältnisse. Spaltbarkeit vollkommen nach {001}, weniger nach {110}. Ebene der optischen Axen {010}, erste Mittellinie, Axe der kleinsten Elasticität, ist $a$.

Nachfolgende Daten geben kurz die genauen Ergebnisse, verglichen mit den beim Cedrol erhaltenen.

Krystallform: Rhombisch.

Axenverhältnis: $a:b:c = 0{,}98844:1:0{,}71772$.

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $r\{101\}$, $q\{011\}$.

Winkeltabelle.

| | Cypressenkampfer. Berechnet: | Gemessen: | Cedernkampfer. Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|---|---|
| $m:m = (110):(1\bar{1}0)$ | — | *89° 20′ | — | *89° 4′ |
| $m:r = (110):(101)$ | — | *65 18 | — | *65 28 |

| | | Cypressenkampfer. | | Cedernkampfer. | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Berechnet: | Gemessen: | Berechnet: | Gemessen: |
| $m : q$ | $= (110) : (011)$ | $= 65^0 48'$ | $65^0 54'$ | $66^0 12'$ | $66^0 10'$ |
| $r : r$ | $= (101) : (\bar{1}01)$ | $71\ 58$ | $71\ 52$ | $71\ 15$ | $71\ 11$ |
| $q : q$ | $= (011) : (0\bar{1}1)$ | $71\ 20$ | $71\ 25$ | $70\ 22$ | $70\ 26$ |

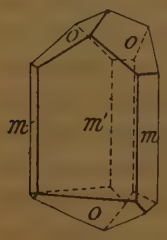
Die Apertur der Axen wurde an einer parallel {100} geschliffenen Platte in Cedernholzöl (Brechungsquotienten siehe S. 31) und in Luft bestimmt und als merklich kleiner wie die des Cedrols gefunden:

| | *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|---|
| $2H_a$ | $35^0 20'$ | $35^0 50'$ | $36^0\ 0'$ |
| $2E$ | $60\ 50$ | $61\ 30$ | $62\ 5$ |
| $2E$ berechnet | $59\ 58$ | $61\ 21$ | $61\ 57$ |

### 16. Guajol (Champacol) $C_{15}H_{26}O$.

Krystalle dargestellt von F. W. Semmler durch Destillation mit Wasserdampf aus Guajak- und Champacaholz (Semmler, Handb. der ätherischen Öle **3**, 237). Schmelzpunkt 91°, Siedepunkt 288°.

Fig. 15.




Optisch activ. Nach J. Gadamer und T. Amenomiya (Arch. d. Pharm. 1903, **241**, 42) ist $\alpha_D^{20} = -5{,}96^0$, woraus sich $[\alpha]_D^{20} = -29{,}8^0$ berechnet.

Kurze Notizen über dieses Präparat finden sich unter der Bezeichnung Champacol von F. E. Tuttle (diese Zeitschrift 1897, **27**, 528).

Krystallform: Trigonal pyramidal.

Axenverhältnis: $a : c = 1 : 0{,}54959$.

[Nach Tuttle: $a : c = 1 : 0{,}5492$.]

Beobachtete Formen: $o\{10\bar{1}1\}$, $m\{10\bar{1}0\}$, $m'\{1\bar{1}00\}$.

Winkeltabelle.

| | | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|---|
| $o : m$ | $= (10\bar{1}1) : (10\bar{1}0) =$ | — | $*57^0 36'$ |
| $o : o$ | $= (10\bar{1}1) : (1\bar{1}01)$ | $55^0 18'$ | $55\ 17$ |
| $o : m'$ | $= (10\bar{1}1) : (1\bar{1}00)$ | $74\ 27$ | $74\ 25$ |

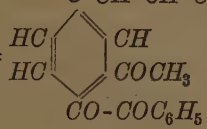
Die prächtigen bis zu 4 cm großen Krystalle sind nach $c$ gestreckt und erhalten durch das vorherrschende negative trigonale Prisma ein meist dreikantiges Aussehen. Ausbildung von $\{10\bar{1}1\}$ an beiden Enden selten, häufig hingegen Aneinanderlagerung nach einer Rhomboëderfläche. Vollkommene Spaltbarkeit nach beiden Prismen, weniger deutlich nach $\{10\bar{1}1\}$. Härte etwa 4.

Doppelbrechung äußerst schwach und positiv.

Beim Ätzen mit 5% Salzsäure wurden die Flächen des herrschenden negativen Prismas angegriffen und matt, während die des correlaten

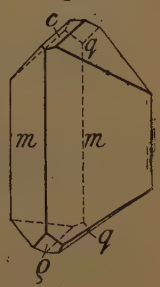
glänzend blieben. Hieraus resultiert die Hemimorphie, die Tuttle aus der auftretenden starken Pyroëlektricität folgert.

**17. Benzoyleugenol** $C_{17}H_{16}O_3$ =




Krystalle dargestellt von F. W. Semmler durch Einwirkung von Benzoylchlorid auf Eugenol, bis die Entwickelung von Salzsäure aufhört (Semmler, Handbuch der ätherischen Öle **4**, 115). Tiemann und Kraatz erhielten aus alkoholischer Lösung beim langsamen Verdunsten große, glasglänzende, durchsichtige Krystalle (Ber. d. d. chem. Ges. **1882**, **15**, 2067).

Fig. 16.




Krystallform: Monoklin.

Axenverhältnis:

$a : b : c = 1{,}5829 : 1 : 1{,}0713$; $\beta = 80^0\,23'\,30''$.

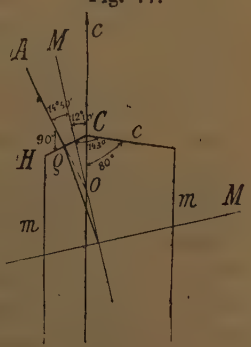
Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $\varrho\{\bar{1}01\}$.

Winkeltabelle.

| | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0)$ | — | *114° 42′ |
| $m : c = (110) : (001)$ | — | *84 50 |
| $m : q = (110) : (011)$ | 56° 40′ | 56 38 |
| $m' : q = (\bar{1}10) : (011)$ | 47 38 | 47 39 |
| $c : q = (001) : (011)$ | — | *46 34 |
| $q : q = (011) : (01\bar{1})$ | 86 52 | 86 50 |
| $q : \varrho = (011) : (\bar{1}01)$ | 65 39½ | 66 0 appr. |
| $c : \varrho = (001) : (\bar{1}01)$ | 36 58 | — |
| $m : \varrho = (\bar{1}10) : (\bar{1}01)$ | 47 28½ | — |

Die wasserhellen Krystalle sind säulig nach $c$ gestreckt. $\{001\}$ tritt gegen $\{011\}$ stets zurück, fehlt mitunter überhaupt. An nur drei Individuen konnte ich $\{\bar{1}01\}$ als matte, leicht gekrümmte Fläche beobachten, die eine genaue Messung nicht ermöglichte. Alle übrigen Flächen gaben vorzügliche Reflexe. Höchst vollkommene Spaltbarkeit nach $\{001\}$, weniger deutlich nach $\{110\}$. Die Härte ändert sich auffallend stark in der Verticalzone, sie ist senkrecht zur Symmetrieebene etwa 4, parallel zu ihr größer.

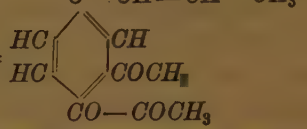
Fig. 17.




Ebene der optischen Axen ist die Symmetrieebene. Im Stauroskop wurde die Neigung der Auslöschungsrichtung gegen die Verticale bestimmt. Sie beträgt im Winkel $\beta$

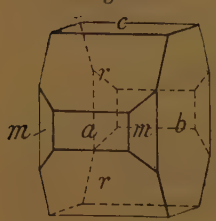
für *Na*-Licht 12° 10′. Durch $r\{\bar{1}01\}$ tritt in Öl bei demselben Lichte eine der optischen Axen aus. Da der Austritt fast genau senkrecht zu dieser Fläche erfolgt, so läßt sich die scheinbare Apertur abgeschätzt berechnen. Aus der Neigung von $\{001\}$ zu $\{\bar{1}01\}$ ergibt sich $C = 143°$, es resultiert also $HCO = 63°$, demnach $AOM = H_a = 14° 50'$, d. h. $2H_a = 29° 40'$ für *Na*-Licht. In Luft ist der Austritt noch ganz am Rande des Gesichtsfeldes zu bemerken.

**18. Acet-Isoeugenol** $C_{12}H_{14}O_3 =$




Die Krystalle sind von F. W. Semmler hergestellt worden durch Erhitzen von Isoeugenol mit Essigsäureanhydrid (Semmler, Handbuch der ätherischen Öle **4**, 135). Tiemann und Kraatz (Ber. d. d. chem. Ges. 1891, **24** (3), 2873) geben den Siedepunkt zu 283°—293° an, wobei keine Zersetzung eintritt. Sie erhielten aus einer Benzollösung von Acet-Isoeugenol mit Ligroïn gefällt glänzende weiße Nadeln, die bei 79°—80° schmolzen und durch Erhitzen mit stark verdünnter Alkalilauge in Isoeugenol zurückverwandelt werden.

Fig. 18.




Krystallform: Rhombisch.

Axenverhältnis: $a : b : c = 0{,}68815 : 1 : 0{,}97672$.

Bobachtete Formen: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $r\{101\}$.

Winkeltabelle.

| | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (\bar{1}10) =$ | — | *110° 56′ |
| $b : m = (010) : (110)$ | 34° 32′ | 34 32 |
| $r : r = (101) : (10\bar{1})$ | — | *70 20 |
| $a : r = (100) : (101)$ | 35 10 | 35 8 |
| $r : m = (101) : (110)$ | 62 23½ | 62 16 |

Die wasserhellen Krystalle scheiden sich ihrer Ausbildung nach in zwei Typen. Typus 1 erscheint asymmetrisch. Es sind kleine, scharfeckige Gebilde mit fast gleichmäßiger Ausdehnung nach den drei Axen. Keine der Formen herrscht hier vor. Nicht immer treten $\{001\}$ und $\{100\}$ zusammen auf, häufig fehlt eine von beiden. Die stets glänzenden Flächen aller Formen gaben gute Signale im Gegensatze zu denen des folgenden Typus. Dieser hat ausgesprochen hemimorphen Habitus, der dadurch bedingt wird, daß die nach der *b*-Axe gestreckten Krystalle stets nur an einem Ende dieser Axe ausgebildet sind. Die vorherrschenden Domenflächen sind stark gewölbt und bilden am anderen Ende der Makrodiagonalen mit den

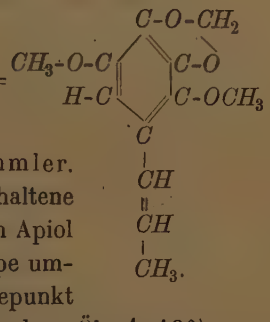
Flächen der Verticalzone eine breite, rundliche Spitze, die eine Trennung der einzelnen Formen nicht möglich machte. Nie konnte in diesem Typus {001} und {100} beobachtet werden. Meist lagern sich die Individuen mit dieser Spitze aneinander, Rosetten oder wirre, formlose Conglomerate bildend. Spaltbarkeit bei beiden Typen nach {010}, Härte etwa 5.

Ebene der optischen Axen ist {010}, erste Mittellinie, Axe der kleinsten Elasticität, ist *c*.

Doppelbrechung ziemlich stark. An einer parallel zu {001} geschliffenen Platte wurde in Cedernholzöl (Brechungsquotienten siehe S. 31) die Apertur bestimmt:

| | *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|---|
| $2H_a$ | 82° 20′ | 82° 45′ | 83° 25′ |

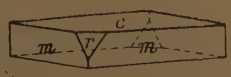
**19. Iso-Apiol oder Isapiol** $C_{12}H_{14}O_4$ =



Krystalle dargestellt von F. W. Semmler. Kocht man das aus Petersiliensamen erhaltene Apiol mit alkoholischem Kali, so wird die im Apiol enthaltene Allylgruppe in die Propenylgruppe umgelagert. Schmelzpunkt bei 55°—56°, Siedepunkt bei 304° (Semmler, Handbuch der ätherischen Öle **4**, 180).

Den Namen Isapiol gaben dem Präparat Gildemeister und Hoffmann (ihr Handbuch der ätherischen Öle, S. 715). Krystallographisch bearbeitete es Negri (Rivista d. Min. e Crist. ital. di Panebianco 1890, **7**, 1; ref. diese Zeitschr. 1892, **20**, 627), der das Material von Ciamician und Silber (Ber. d. d. chem. Ges. 1888, **21**, 1621) erhielt und ferner Fock (diese Zeitschr. 1890, **17**, 30), der es von Ginsberg (Ber. d. d. chem. Ges. 1888, **21**, 1192) erhielt. Letzterer zeigte, daß Iso-Apiol mit Apiol isomer ist. Ich wählte die Aufstellung von Fock, konnte das von ihm beobachtete primäre Klinodoma jedoch nicht constatieren. Negri hat die von uns zur *a*-Axe gewählte Richtung als *c*-Axe genommen. Auch er beobachtete nach seiner Aufstellung als häufigste Combination {100}, {101}, {011}, {110}, zu denen noch sehr selten {102} und {$\bar{1}$11} hinzutrat. »Dank der Kleinheit und Zerbrechlichkeit ist«, wie er schreibt, »eine genauere optische Untersuchung unmöglich.«

Fig. 19.




Krystallform: Monoklin.

Axenverhältnis:

| | | |
|---|---|---|
| Blaß: | $a:b:c = 0{,}876502 : 1 : 1{,}7878$; | $\beta = 89°10'$ |
| Fock: | $a:b:c = 0{,}8761 : 1 : 1{,}8029$; | $\beta = 89\ 51\frac{1}{2}$ |
| Negri: | $a:b:c = 1{,}7852305 : 1 : 0{,}8749332$; | $\beta = 89\ 13\ 3''$. |

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $r\{101\}$.

Winkeltabelle.

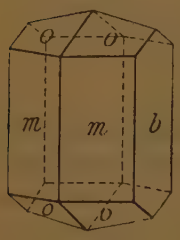
| | | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|---|
| $m : m$ | $= (110) : (1\bar{1}0)$ | — | *82°32′ |
| $m : c$ | $= (110) : (001)$ | — | *89 22 |
| $r : c$ | $= (101) : (001)$ | — | *63 15 |
| $r : m$ | $= (101) : (110)$ | 47°24′ | 47 20 |

Die nach {001} dünntafeligen, trüben bis milchiggelben, perlmutterartig schillernden Krystalle zeigten nur selten gute Ausbildung der Randflächen. Das negative Hemidoma wurde nur an zwei Individuen als glänzende Fläche beobachtet. Vollkommene Spaltbarkeit, die Negri nicht beobachten konnte, geht nach {001}, eine weniger kenntliche nach {110}. Härte etwa 1.

Ebene der optischen Axen ist die Symmetrieebene. Bei den tafeligen Krystallen tritt eine der optischen Axen ganz am Rande des Gesichtsfeldes durch das Hemidoma aus.

## 20. Menthylbenzoat $C_6H_5COOC_{10}H_{19}$.

Fig. 20.




Krystalle dargestellt von F. W. Semmler durch zwei- bis dreistündiges Erhitzen von Menthol und Benzoësäureanhydrid (Semmler, Handbuch der ätherischen Öle 3, 48). Schmelzpunkt bei 54,5°.

Optisch activ und zwar linksdrehend.

$$[\alpha]_D^{20} = -90{,}72°.$$

Krystallform: Rhombisch.

Axenverhältnis: $a : b : c = 0{,}76134 : 1 : 0{,}24476$.

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$.

Winkeltabelle.

| | | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|---|
| $m : m$ | $= (110) : (1\bar{1}0)$ | 74°34′ | 74°36′ |
| $o : o$ | $= (111) : (1\bar{1}1)$ | — | *26 14 |
| $m : b$ | $= (110) : (010)$ | — | *52 43 |
| $o : o$ | $= (111) : (\bar{1}11)$ | 58 57 | 59 5 |
| $m : o$ | $= (110) : (111)$ | 68 0 | 67 50 |
| $b : o$ | $= (010) : (111)$ | 76 53 | — |

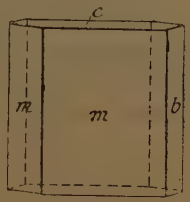
Bei den wasserhellen, glänzenden nach $c$ nadelförmig gestreckten Krystallen halten sich in der Verticalzone {110} und {010} das Gleichgewicht und sind gut ausgebildet, während {111} nur selten deutlich entwickelt ist, sondern meist durch starke Krümmung eine rundliche Kuppe bildet. Höchst vollkommene Spaltbarkeit geht nach {001}, weniger deutlich eine solche nach {010}.

Ebene der optischen Axen ist {100}, erste Mittellinie die Makrodiagonale. Doppelbrechung ist schwach und positiv. An einer natürlichen Krystallplatte wurde in Cedernholzöl (Brechungsquotienten siehe S. 31) und in Luft die Apertur bestimmt.

| | *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|---|
| $2H_a$ | 39°14′ | 39° 0′ | 38°55′ |
| $2E$ | 66 5 | 65 50 | 65 40 |
| $2E$ berechnet | 66 20 | 66 4 | 66 2 |

**21. Guajol-Glycerin** $C_{15}H_{26}O(OH_2)$.

Fig. 21.




Dargestellt von F. W. Semmler. Die weiße, pulverartige Substanz löst sich ziemlich schwer in Aethylalkohol, aus dem sie sich in den vorliegenden Krystallen ausscheidet.

Krystallform: Rhombisch.

Axenverhältnis: $a : b = 0{,}23916 : 1$.

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $b\{010\}$.

Winkeltabelle.

| | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|
| $m : b = (110) : (010)$ | — | *76°33′ |
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0)$ | 26°54′ | 26 50 |

Bei den feinen dünnen biegsamen Krystallen, die wasserhell und seidenglänzend sind, tritt bei Streckung nach $c$ die Längsfläche gegen {110} zurück. Die Basis tritt stets allein auf. Spaltbarkeit geht nach {110}.

Ebene der optischen Axen ist {001}, erste Mittellinie, Axe der größten Elasticität, ist $b$. An einem Krystalle wurde in Cedernholzöl (Brechungsquotienten siehe S. 31) die Apertur bestimmt.

| | *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|---|
| $2H_a$ | 60°40′ | 61°10′ | 61°25′ |

**22. α′-Methyl-α-Aethylolpiperidin**

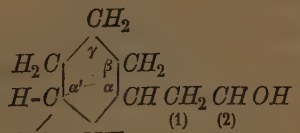
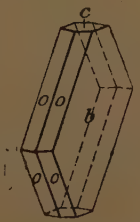



Fig. 22.

Krystalle dargestellt von H. Remmler. Man erhält durch Condensation aus αα′-Lutidin und 1 Mol. Formaldehyd zunächst α′-Methyl-α-Aethylolpyridin, das nach Ladenburg reduciert den obigen Körper ergibt (Privatmitteilung).




Krystallform: Rhombisch.

Axenverhältnis: $a : b : c = 0{,}6777 : 1 : 0{,}61179$.

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$. Zwillinge nach {501}.

Winkeltabelle.

| | Berechnet: | Gemessen: |
|---|---|---|
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1) =$ | — | *48°50′ |
| $o : o = (111) : (11\bar{1})$ | — | *75 1 |
| $o : o = (111) : (\bar{1}11)$ | 75°2′ | 75 13 |

Die wasserhellen bis dunkelgelben Krystalle sind stets tafelig nach {010} ausgedehnt. {111} tritt nur äußerst selten gut entwickelt in schmalen glänzenden Flächen auf, {001} bildet kleine, meist matte Flächen. Die Mehrzahl der Individuen sind Zwillinge. Auf der gemeinsamen Längsfläche kann man die Verwachsungsebene als scharfe, gerade Linie deutlich erkennen. Sie erscheint durch eine Streifung parallel den Pyramidenpolkanten gefiedert. Auf krystallographischem Wege konnte das Gesetz der Zwillingsbildung nicht ermittelt werden, da sich die Begrenzungsflächen für die Bestimmung mittels des Reflexionsgoniometers als unbrauchbar erwiesen. Es gelang aber das Gesetz durch die optische Untersuchung festzustellen.

Fig. 23.




Zwei von den Auslöschungsrichtungen auf beiden Krystallen bilden einen Winkel von 26°. Mit Hilfe des Mikroskops, das eine Messung der Neigung der zu graden Linien verkürzten Pyramidenpolkanten gegen einander gestattete (die Messung ergab 83°, die Berechnung 84°), ließ sich bestimmen, daß die verwendeten Auslöschungsrichtungen die krystallographischen *c*-Axen repräsentieren. Der beobachtete Winkel von 26° wird von der Verwachsungsebene genau halbiert. Hieraus resultiert, daß diese Ebene einem Makrodoma von fünffacher Höhe angehört. Die Rückrechnung lieferte die Neigung, die die beiden *c*-Axen miteinander bilden, zu 27°. Spaltbarkeit vollkommen nach {001}, weniger deutlich nach {010}; Härte etwa 4.

Ebene der optischen Axen ist {001}; erste Mittellinie, Axe der kleinsten Elasticität, *b*. Dispersion ziemlich erheblich. An einer natürlichen Platte wurde in Cedernholzöl (Brechungsquotienten siehe S. 31) die optische Apertur bestimmt für

| | *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|---|
| $2H_a$ zu | 91°50′ | 90°10′ | 89°10′ |

# IV. Beiträge zur Kenntnis der Abscheidungen des kohlensauren Kalkes aus Bicarbonatlösungen.

(Mitteilungen aus dem mineralogischen Institute der Universität Jena.)

Von

**F. Vetter** in Jena.

(Hierzu Tafel I und 6 Textfiguren.)

---

## Einleitung.

Der kohlensaure Kalk tritt in der Natur in zwei Modificationen auf: als Calcit und als Aragonit. Der Dimorphismus des Calciumcarbonates wurde zuerst von G. Rose[1]) einwandsfrei festgestellt. Zwar hatte Strohmeyer[2]) in allen von ihm untersuchten Aragoniten einen, wenn auch geringen Gehalt an *Sr* entdeckt; sein hierauf gegründeter Schluß, es sei das Strontiumcarbonat, welches den kohlensauren Kalk in die Form des Aragonits zwinge, wurde jedoch von G. Rose als irrtümlich nachgewiesen; einerseits durch die von ihm und anderen sorgfältig ausgeführten Analysen von natürlichen Aragoniten anderer Fundorte, in denen *Sr* nicht aufzufinden war, andererseits durch künstliche Darstellung *Sr*-freien Aragonites. Seine zahlreichen Versuche[3]) über die Bildungsbedingungen von Calcit und Aragonit hatten in der Hauptsache folgendes Ergebnis: Aus einer Lösung von Cal-

---

1) G. Rose, Über die Bildung des Kalkspates und Aragonites. Poggend. Ann. 1837, **42**, 353—367.

2) Strohmeyer, De Aragonite eiusque differentia a spathe calcareo rhomboidali chemica, in Commentat. Soc. Reg. Scient. Gotting. recent. 1813, **2**, 12, cit. nach Adler, Zeitschr. f. angew. Chem. 1897, 432.

3) S. Anm. 1), ferner: Über die Bildung des Kalkspates und des Aragonites. Pogg. Ann. 1837, **42**, 362; Über die heteromorphen Zustände der kohlensauren Kalkerde. I. Abh. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1856, 1; II. ebenda 1858, 63; III. Monatsber. d. k. Akad. d. Wiss. zu Berlin 1860, 365; und: Über die Umstände, unter denen der kohlensaure Kalk sich in seinen heteromorphen Zuständen als Kalkspat, Aragonit und Kreide abscheidet. Poggend. Ann. 1860, **111**, 156; 1861, **112**, 43.

ciumcarbonat in kohlensäurehaltigem Wasser krystallisiert bei gewöhnlicher Temperatur nur Kalkspat, oberhalb 30° auch Aragonit neben ersterem. Die Menge des Aragonites nahm mit steigender Temperatur zu, so daß oberhalb 90° nur Aragonit krystallisiert. Das Gleiche fand G. Rose bei doppelter Umsetzung zwischen einer Chlorcalciumlösung und einer solchen von kohlensaurem Ammon oder Alkali. Dagegen wies Bischof[1]) darauf hin, daß das Vorkommen des Aragonites in der Natur dafür spreche, daß »sowohl Bildungen des Aragonits, als auch Umwandlungen desselben in Kalkspat unabhängig von der Temperatur erfolgen können, und daß sich wohl der meiste Aragonit aus kalten Gewässern abgesetzt hat«[2]). Bischofs Ansicht war zum Teil richtig, wie sich allerdings erst viel später herausstellte. Die erste Stütze freilich, die sich in Becquerels[3]) Untersuchungen über die Einwirkung einer Lösung von Natriumbicarbonat auf Gyps zu finden schien, war trügerisch. Ebenso wurde die von H. Credner[4]) stammende Angabe, wonach aus bicarbonathaltigen Lösungen von Gyps bei langsamer Abscheidung Aragonit entstehen sollte, und die von G. Rose, daß aus ganz verdünnten Lösungen von Calciumbicarbonat auch bei gewöhnlicher Temperatur Aragonit entstehe, von H. Vater (s. u.) als irrtümlich erwiesen und gezeigt, daß die von Rose und Credner beschriebenen büschelförmigen Krystallaggregate nichts anderes als Kalkspat sind, der nur infolge der Anwesenheit von geringen Verunreinigungen in der Lösung zerfasert ist. H. Credner gebührt jedoch das Verdienst, zuerst nachgewiesen zu haben, daß »gewisse fremdartige Beimengungen . . . bestimmend oder modificierend auf die resultierende Krystallfacies einwirken«[5]). Er zeigte, daß aus kalter Lösung von Calciumbicarbonat und dem entsprechenden Bleisalz der kohlensaure Kalk in Form von Aragonit in prismatischen oder spießigen Krystallen und in radialstrahligen oder sternförmigen Gruppen auskrystallisiert[6]). Durch Credners Versuche »sehen wir die Vermutungen Hauys (daß nämlich selbst kleine Beimengungen anderer Substanzen, »agents minéralisateurs«, den kohlensauren Kalk gleichsam zwingen, deren Krystallform anzunehmen), Berechtigung gewinnen, freilich in einer Weise, die der Urheber selbst nicht ahnte. Die geringe Menge des *Sr*- und *Pb*-Carbonates veranlaßt allerdings das Calciumcarbonat, rhombisch zu krystallisieren, aber nur, weil dieses

1) Lehrbuch der chem. u. phys. Geologie 1855, **2**, 1044.

2) Cit. nach W. Meigen, Beiträge zur Kenntnis des kohlensauren Kalkes. Ber. der naturf. Gesellsch. zu Freiburg i./Br. 1903, **13**, 43.

3) C. Becquerel, Über die durch Berührung der festen und flüssigen Körper hervorgerufenen Wirkungen. Journ. f. pr. Chem. 1852, **56**, 476; ferner ebenda 1853, **59**, 7; Compt. rend. 1857, **44**, 938; ebenda 1872, **75**, 52.

4) H. Credner, Über gewisse Ursachen der Krystallverschiedenheiten des kohlensauren Kalkes. Journ. f. pr. Chem., N. F., 1870, **2**, 292.

5) a. a. O. S. 298.

6) a. a. O. S. 308.

auch für sich diese Form anzunehmen vermag«[1]). Ganz analoge Ergebnisse hatte M. Bauer[2]) bei geringen Zusätzen von Baryumcarbonat.

Die genauesten Untersuchungen über die Bildungsbedingungen des Calciumcarbonates verdanken wir H. Vater[3]). Er richtete sein Hauptaugenmerk auf die Einwirkung der übrigen in einer Kalksalzlösung vorhandenen, von ihm als »Lösungsgenossen« bezeichneten Stoffe auf die Krystallisation des kohlensauren Kalkes. Nachdem er die oben erwähnten Angaben Becquerels, G. Roses und H. Credners berichtigt hat[4]), führt er als hier wichtigstes Ergebnis an: »Gegenwärtig ist daher eine etwa 30° überschreitende Temperatur die einzige bekannte Ursache, welche unter Umständen bedingt, daß sich reines Calciumcarbonat als stabiler Aragonit ausscheidet«[5]).

Kurz vorher hatte jedoch M. Adler[6]) durch Fällung eines Kalksalzes mit Ammoniumcarbonat auch bei niedriger Temperatur Ausscheidungen erhalten, die er für Aragonit ansah, die jedoch nach den neueren Untersuchungen von Vater und besonders von Bütschli (s. u.) einer dritten bezw. vierten Phase des Calciumcarbonates zu entsprechen scheinen. Nach Adler ist die Concentration des Ammoniumcarbonates, nicht so sehr die des Kalksalzes, von wesentlicher Bedeutung. Den schönsten »Aragonit« erhielt er bei Anwendung einer Lösung von kohlensaurem Ammon von solcher Stärke, daß auf Zusatz der Chlorcalciumlösung eine dickgelatinöse Masse entstand, die erst bei längerem Rühren wieder dünnflüssig wurde. Die Temperatur der ammoniakalischen Lösung durfte dabei 32° nicht über-

1) Cit. aus W. Ostwald, Lehrbuch der allgem. Chem. I, Stöchiometrie, 2. Aufl. 1903, 947.

2) M. Bauer, Über eine Pseudomorphose von Aragonit nach Kalkspat. N. Jahrb. f. Min. usw. 1890, **1**, 12—31, S. 21. Ausz. diese Zeitschr. **21**, 144.

3) H. Vater, Über den Einfluß der Lösungsgenossen auf die Krystallisation des Calciumcarbonates. I. Diese Zeitschr. 1893, **21**, 433—490. II. Krystallisation des Calciumcarbonates aus sogenannten verdünnten Lösungen. Ebenda 1894, **22**, 209—228. III. Die Beeinflussung der Homogenität und der Wachstumgeschwindigkeit der Kalkspatkrystalle durch dilut-färbende Substanzen. Ebenda 1895, **24**, 366—377. IV. Die von G. Rose dargestellten und als Aragonit beschriebenen garbenförmigen und dergl. Aggregate sind durch den Einfluß dilut-färbender Substanzen zerfaserte Kalkspatkrystalle. Ebenda 1895, **24**, 378—404. V. Die scheibenförmigen Krystalliten des kohlensauren Kalkes. Ebenda 1896, **27**, 477—504. VI. Schwellenwert und Höhenwert der Lösungsgenossen bei ihrem Einflusse auf die Krystallisation. Ebenda 1899, **30**, 295—298. VII. Der Einfluß des $CaSO_4$, $K_2SO_4$ und $Na_2SO_4$. Ebenda 1899, **30**, 495—509. VIII. Über die Einwirkung von Alkalicarbonatlösungen auf Gyps und Anhydrit. Ebenda 1899, **31**, 538—578.

Derselbe, Über Ktypeït und Conchit. Diese Zeitschr. 1901, **35**, 149—178.

4) Diese Zeitschr. 1894, **22**, 209; 1895, **24**, 378; 1899, **30**, 485; 1899, **31**, 538.

5) Diese Zeitschr. **31**, 571.

6) M. Adler, Beiträge zur Kenntnis des kohlensauren Kalkes. Zeitschr. f. angew. Chem. 1897, 431—434.

schreiten, während die Clorcalciumlösung auch heiß angewandt werden konnte. Bei Anwendung einer verdünnten Lösung von Ammoniumcarbonat entstand bei gleicher Temperatur ein milchiger Niederschlag von großen rhombischen Aragonitkrystallen (?), die sich sehr schnell in Calcit umwandelten. Bei vedünnteren Lösungen durfte die Temperatur von 22° nicht überschritten werden, ohne daß rasche Umwandlung eintrat. Der gebildete »Aragonit« war um so beständiger, je concentrierter die Ammoniumcarbonatlösung, je niedriger die Temperatur, je größer der Überschuß an freiem Ammoniak. Freie Kohlensäure sollte, wie schon G. Rose gefunden hatte, die Umwandlung in Calcit begünstigen. Blieb der gefällte »Aragonit« in der Mutterlauge, so wandelte er sich bald in Calcit um. Ein Zusatz von Gypswasser, welches ja nach Untersuchungen von Cameron und Seidell[1]) die Löslichkeit des Calciumcarbonates erheblich herabsetzt, macht den aus verdünnten kalten Lösungen gefällten Aragonit ebenso beständig, wie den aus concentrierten erhaltenen. Einmal getrocknet ist er selbst bei 100° ziemlich beständig. Eine ähnliche Beobachtung über die Beständigkeit hatte übrigens bereits G. Rose[2]) angeführt.

Jene Angabe, wonach freie Kohlensäure die Bildung von Calcit begünstige, findet eine (wenn auch nicht ausdrückliche) Bestätigung durch die kleine Arbeit von H. Warth[3]). Er zeigte, daß bei Fällung einer mit $Ca(OH)_2$ alkalisch gemachten Lösung von Chlorcalcium durch überschüssiges Natriumcarbonat auch in der Kälte Aragonit gebildet wird, während eine angesäuerte Lösung von Chlorcalcium mit einer kalten Lösung von Natriumbicarbonat gemischt, d. h. also unter Kohlensäureentwickelung Calcit lieferte. Wenn freilich Warth aus seinen Versuchen folgert, es sei »nicht die höhere Temperatur der Lösung, welche die Bildung von Aragonit bedingt«, so ist dieser Schluß nur dann richtig, wenn man ihn durch Einschieben des Wortes »allein« hinter »nicht« sehr wesentlich einschränkt. Der Widerspruch zwischen den Versuchen Vaters, welcher bei Einwirkung von Natriumcarbonatlösung auf Gyps nur Kalkspat erhielt[4]), und denen von Warth, welcher Gyps mit kalter Lösung von Soda »einige Wochen digerierte« und hierbei die Bildung von »feinfaserigem« Calciumcarbonat beobachtete, welches nach seiner Lilafärbung beim Aufkochen mit *Co*-Lösung für Aragonit angesehen wurde und jedenfalls nicht Calcit sein konnte, bedarf noch der Aufklärung.

---

1) Fr. H. Cameron und A. Seidell, Die Löslichkeit von Calciumcarbonat in wässerigen Lösungen von gewissen Elektrolyten bei dem Gleichgewichte mit der atmosphärischen Luft. The Journ. of Phys. Chem. **6**, 50—56; cit. nach Chem. Centralblatt 1902, **1**, 1041. 2) Poggend. Ann. **42**, 359 f.

3) H. Warth, Die Bildung des Aragonites aus wässeriger Lösung. N. Jahrb. f. Min. Centralbl. 1902, 492—493. Ausz. diese Zeitschr. **40**, 422.

4) Diese Zeitschr. **30**, 485.

Inzwischen waren unter dem Namen »Conchit« und »Ktypeït« zwei abweichende Formen des Calciumcarbonates beschrieben worden, welche den Anspruch erhoben, selbständige, noch unbekannte Modificationen des kohlensauren Kalkes zu sein. Der Conchit von Agnes Kelly[1]) sollte die Schalen fast aller Mollusken und Cölenteraten, sowie einige Kalksinter und Erbsensteine zusammensetzen. Er wurde sehr bald darauf von R. Brauns[2]) und Vater[3]) als von Aragonit nicht verschieden nachgewiesen.

Die Erbsensteine von Karlsbad und Hammam Meskoutine (Constantine, Algier) galten nach früheren Forschungen als Aragonit. Lacroix glaubte in ihnen eine neue Modification des kohlensauren Kalkes gefunden zu haben, die er Ktypeït nannte. Er sollte sich von den beiden bisher bekannten Modificationen durch sein geringeres spec. Gewicht (2,58—2,70) und durch die schwächere und zwar positive Doppelbrechung unterscheiden. Vater[4]) und in neuester Zeit O. Bütschli (s. u.) haben die Erbsensteine einer erneuten sorgfältigen Untersuchung unterzogen. Im Gegensatze zu Lacroix bestimmte Vater das spec. Gewicht der eigentlichen schaligen Substanz der Erbsen zu 2,80—2,881, aus dem Bütschli unter Berücksichtigung des Wassergehaltes 2,947 als specifisches Gewicht des kohlensauren Kalkes der Erbsensteine berechnete, also übereinstimmend mit dem des Aragonits. So blieben nur noch als unterscheidende Merkmale des Ktypeïts die (übrigens schon früher bekannten) abweichenden optischen Eigenschaften. Vater wies bereits darauf hin, daß dies allein nicht dazu berechtigt, den Ktypeït als selbständiges Mineral vom Aragonit abzutrennen, und Bütschli beobachtete Schichten und sogar Schichtenteile abwechselnd positiven und negativen Charakters. Im allgemeinen überwiegen die Schichten bezw. die Teile mit positiver Doppelbrechung, »was bei Untersuchungen mit schwacher Vergrößerung leicht die Meinung erzeugen kann, daß die Sphären (der Erbsensteine) in ihrer Gesamtheit positiv seien«. Danach ist es kaum mehr zweifelhaft, daß Lacroixs Ktypeït nichts weiter als Aragonit ist, dessen Reichtum an lufterfüllten Poren bei nicht ganz vorsichtiger Bestimmung zu specifischen Gewichtszahlen, wie sie Lacroix erhielt, führen muß.

So war weder für Conchit noch für Ktypeït eine selbständige Stellung neben den beiden bisher bekannten Formen des kohlensauren Kalkes aufrecht zu erhalten. Dagegen gelang es Vater, die Existenz einer dritten

---

1) Agnes Kelly, Über Conchit, eine neue Modification des kohlensauren Kalkes. Sitzungsber. d. math.-phys. Klasse d. bayer. Akad. d. Wiss. zu München, 1900, 187 und Jenaische Zeitschr. f. Naturw. 1901, **35**, 429.

2) R. Brauns, Über das Verhältnis von Conchit zu Aragonit. Centralbl. f. Min. 1901, 134.

3) Diese Zeitschr. **35**, 149.

4) Lacroix, Sur le Ktypéite, nouvelle forme de carbonate de calcium, différente de la calcite et de l'aragonite. Compt. rend. 1898, **126**, 602. Ausz. diese Ztschr. **32**, 634 f.

Modification wahrscheinlich zu machen. Bereits bei vier Versuchen seiner ersten Abhandlung[1]) hatte er, als er $\frac{1}{5}$ Gr.-Äquiv. $CaCl_2$ mit $\frac{1}{50}$ Gr.-Äquiv. $BaCl_2$ auf $\frac{11}{50}$ Gr.-Äquiv. Kaliumbicarbonat in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser einwirken ließ, neben (vorherrschendem) *Ba*-haltigem Kalkspat »sphärische Aggregate« erhalten, welche zwar gleichfalls *Ba*, aber weniger als die Kalkspatkrystalle, nämlich nur 3,29 $BaCO_3$ enthielten. Das spec. Gewicht war auffallend niedrig, es betrug 2,56. Aus ihm berechnete Vater das spec. Gewicht *Ba*-freier Aggregate zu 2,536[2]). Bei schwacher Rotglut, aber auch schon beim Kochen in Wasser verwandelten sich die Aggregate unter Erhöhung ihres spec. Gewichtes in Calcit. Sie waren also noch weniger stabil als Aragonit. Vater erklärte schon damals mit aller Bestimmtheit diese sphärischen Aggregate für eine besondere Modification des kohlensauren Kalkes, gebildet aus monosymmetrischen oder asymmetrischen Individuen[3]). Als er zehn Jahre später die trocken aufbewahrten sphärischen Aggregate untersuchte, erwiesen sie sich als unverändert[4]), sie sind demnach im trockenen Zustande bei gewöhnlicher Temperatur beständig. Es gelang ihm dann, durch Umsetzung einer mit Kalkhydrat versetzten Chlorcalciumlösung mit Natriumcarbonat, baryumfreie »sphärische Aggregate« zu erhalten[5]). Sie zeigten das Bertrandsche Interferenzkreuz radialfaseriger Substanzen und das spec. Gewicht 2,54. »Eine Axe, welche der Faseraxe völlig oder nahezu parallel läuft, ist die Schwingungsrichtung der Strahlen mit dem kleinsten Brechungscoëfficienten, was den Verhältnissen von Calcit und Aragonit analog ist«; das heißt also: der Charakter ihrer Doppelbrechung war negativ. Ihre Doppelbrechung ist jedoch schwächer als die des Aragonits und Calcits.

Die Erforschung all dieser recht verwickelten Verhältnisse wurde bedeutend erleichert, seitdem W. Meigen[6]) gezeigt hatte, daß Aragonit, mit einer verdünnten Lösung von Cobaltnitrat aufgekocht, sich rasch violett färbt, während Calcit erst nach längerem Kochen (ca. zehn Min.) hellblau wird.

Bei seinen Versuchen über die Art der Fällungen des kohlensauren Kalkes aus Kalksalzlösungen (meist $CaCl_2$) mit Hilfe von Alkalicarbonaten fand W. Meigen[7]) in dem Niederschlage aus kalten Lösungen fast regelmäßig »kugelförmige Sphärolithe«, welche das spec. Gewicht 2,60—2,65 besaßen und, da sie mit *Co*-Lösung die »Aragonitreaction« vorzüglich gaben, nicht Calcit sein konnten. Sie zeichneten sich gegenüber den aus heißen

---

1) Diese Zeitschr. **21**, 462 ff.
2) a. a. O. S. 474. 3) a. a. O. S. 488.
4) Diese Zeitschr. **35**, 160.
5) a. a. O. S. 162 ff.
6) W. Meigen, N. Jahrb. f. min. Centralbl. 1901, 577. Ausz. diese Ztschr. **37**, 662.
7) W. Meigen, Beiträge zur Kenntnis des kohlensauren Kalkes. Ber. d. naturf. Ges. zu Freiburg i./Br. 1903, **13**, 40—92, und II. ebenda 1905, **15**, 38—54. Ausz. diese Zeitschr. **40**, 524 bezw. **44**, 312.

Lösungen in Nadeln erhaltenen Aragonit durch ihre viel größere Unbeständigkeit aus. Schon nach 25stündigem Liegen in der Mutterlauge hatten sie sich völlig in Calcit verwandelt. Nach alledem hält Meigen seine kugelförmigen Gebilde für identisch mit Vaters »sphärischen Aggregaten«, trägt jedoch Bedenken, sie nach Vaters Vorgange als künstlichen Ktypeït zu bezeichnen, da wohl die Existenz der Vaterschen Modification, nicht aber die des Lacroixschen Ktypeïts als eines selbständigen Minerals einwandsfrei erwiesen scheint. Meigen bezeichnet sie daher im weiteren Verlaufe seiner Forschungen einstweilen als »Kugeln« oder als »kugelförmigen Aragonit«[1]). Im übrigen bestätigen Meigens Ergebnisse im allgemeinen diejenigen von Adler und Warth, und erweitern sie beträchtlich. Es ist nach allem, was die ebengenannten Forscher über die Bildungsweise und die Form ihres Aragonits angeben (Adlers »Perlkalk!«) kaum zweifelhaft, daß auch sie, ohne es zu wissen, nicht nur Aragonit, sondern auch mehrfach Vaters »sphärische Aggregate«, Meigens »Kugeln«, unter den Händen gehabt haben. Diese Kugeln entstehen nur bei niederer Temperatur bei Fällung sowohl mit $Na_2CO_3, K_2CO_3, NaHCO_3$ als auch mit Ammoniumcarbonat, durch letzteres jedoch nur aus concentrierteren Lösungen, und zwar allgemein umso leichter und verhältnismäßig beständiger, je alkalischer oder ammoniakalischer und je concentrierter die Lösung gehalten wird. Nadelförmiger (echter) Aragonit entstand nur aus heißen Lösungen bei Anwendung von Natriumcarbonat, Kaliumcarbonat und auch von Natriumbicarbonat, obgleich hierbei freie Kohlensäure auftritt, die nach früheren Angaben die Bildung von Calcit begünstigen sollte. Ammoniumcarbonat dagegen lieferte in der Wärme nur Kalkspat.

Teilweise ähnliche Ergebnisse wie Meigen scheint übrigens neuerdings E. Hatschek[2]) erhalten zu haben, soweit man dies aus der kurzen Notiz und der nichts weniger als deutlichen Wiedergabe seiner Photographien schließen darf.

In dem Bestreben, die Entstehungsgeschichte der in zahlreichen Formationen weitverbreiteten Oolithe und Rogensteine zu erforschen, hat G. Linck[3]) eine Reihe von Versuchen angestellt, welche im Kleinen diejenigen Reactionen wiederholten, welche in der Natur im größten Maßstabe unaufhörlich von statten gehen: die Abscheidung des Calciumcarbonates aus dem Meerwasser, sowohl durch doppelte Umsetzung des im Meere gelösten Calciumsulfates, mit Ammonium- oder Natriumcarbonat, als durch Übergang des dem Meerwasser durch Flüsse zugeführten Calciumbicarbo-

1) a. a. O. **18**, 51 ff.

2) E. Hatschek, Die Krystallform des aus concentrierten Lösungen gefällten Carbonats. Chem. Zeitung 1909, **33**, Nr. 6, 49.

3) G. Linck, Die Bildung der Oolithe und Rogensteine. N. Jahrb. f. Min. usw. 1903, Beil.-Bd. **16**, 495—513. Ausz. diese Zeitschr. **41**, 633 f.

nates in Monocarbonat. Linck arbeitete mit verdünnten Lösungen von Ammonium- und Natriumcarbonat und erhielt bei langsamer Abscheidung in der Kälte (17°), wie in der Wärme (40°) Aragonit, und zwar größtenteils in Form von Sphärolithen. Aus sonst salzfreien Lösungen von Calciumsulfat, welche die gleiche Menge Calciumsulfat wie im Meerwasser enthielten, lieferte doppelte Umsetzung in der Wärme und in der Kälte nur Kalkspat. Bicarbonathaltiges Seewasser ergab dagegen bei langsamer, freiwilliger Verdunstung in der Kälte Calcit, bei langsamen Erwärmen auf ca. 60° hauptsächlich Aragonit. Sonst salzfreie Lösungen von Calciumsulfat, die mit Bicarbonat und Kohlensäure gesättigt waren, verhielten sich ebenso.

In neuester Zeit hat nun O. Bütschli[1]) durch seine schon oben erwähnte umfangreiche sehr sorgfältige Arbeit wertvolle Beiträge zur Frage der Abscheidungsart des Calciumcarbonates geliefert. Die für uns wichtigsten Ergebnisse sind folgende:

Außer den beiden bekannten Phasen des Calciumcarbonates gibt es noch zwei weitere wohlcharakterisierte:

1) eine amorphe (isotrope) gallertartige Phase,

2) Vaters dritte Modification in Form von Sphärolithen.

1) Die amorphe Phase ist zwar schon längst bekannt und ihr Auftreten als erste Abscheidungsform des kohlensauren Kalkes bei doppelter Umsetzung besonders concentrierter Lösungen eines Kalksalzes und eines löslichen Carbonates wiederholt erwähnt worden, so u. a. von G. Rose[2]) und Harting[3]). Gleichwohl gelang es keinem der früheren Forscher, diese Phase genauer zu untersuchen, da sie sich außerordentlich schnell in eine der drei anderen Modificationen umwandelt. Erst Bütschli[4]) glückte es unter Anwendung zweier Kunstgriffe, deren Beschreibung hier zu weit führen würde, den amorphen gallertartigen Niederschlag soweit beständig zu machen, beziehentlich ihn so rasch von der Mutterlauge zu trennen und zu trocknen, daß er eingehend untersucht werden konnte. Optisch erwies er sich als isotrop. Das spec. Gewicht der reinen Substanz berechnete sich zu 2,25—2,45. In trockenem Zustande war die isotrope Phase verhältnismäßig beständig, selbst bei ½stündigem Erhitzen auf 180° war noch keine Umwandlung eingetreten, die erst bei etwa 200°—230° einsetzte. Auch

1) O. Bütschli, Untersuchungen über organische Kalkgebilde nebst Bemerkungen über organische Kieselgebilde, insbesondere über das specifische Gewicht in Beziehung zu der Structur, die chemischen Zusammensetzungen u. a. Abhandl. d. kgl. Ges. d. Wiss. zu Göttingen, math.-phys. Klasse, N. F., 1908, **6**, Nr. 3.

2) Poggend. Ann. 1837, **42**, 354.

3) P. Harting, Rech. d. morphol. synthét. s. la prod. artif. d. quelques format. calcaires organ. Naturk. Verh. d. Akad. Amsterdam, Afd. nat. Del. 1872, **14**, 4 ff.; cit. nach Bütschli, 1908.

4) a. a. O. S. 8 ff.

»anhaltendes Kochen mit absolutem Alkohol« rief keine Veränderung hervor. In Wasser, ebenso in geschmolzenem Canadabalsam wandelt sich der amorphe kohlensaure Kalk schnell um, teils in Calcitrhomboëder, teils in Sphärolithe.

2) Vaters dritte Modification (seine »sphärischen Aggregate«) wurde von Bütschli als wohlcharakterisierte, sowohl von dem isotropen Calciumcarbonat wie von Calcit und Aragonit scharf getrennte Phase bestätigt[1]). »Durch Vermischen halbverdünnter gesättigter Lösungen von Chlorcalcium und Kaliumcarbonat wurde etwas Gallerte von amorphen kohlensaurem Kalk hergestellt und diese, teils mit destilliertem Wasser, teils mit verdünnten Lösungen von kohlensaurem Kali stehen gelassen. Die Gallerte verwandelte sich ziemlich rasch in der Hauptsache in Sphärolithe von strahligem Bau, deren spec. Gewicht etwa 2,6 betrug. Diese Sphärolithe gaben die Meigensche »Aragonitreaction« sehr gut, konnten daher nicht Calcit sein. Ebensowenig aber Aragonit, denn ihr spec. Gewicht von etwa 2,6 und ihre nur mäßig starke Doppelbrechung unterschied sie deutlich von diesen. Der Charakter ihrer Doppelbrechung war positiv. Bütschli weist selbst auf den Widerspruch zwischen seinem Befunde und dem von Vater hin: »Es ist dies umso eigentümlicher, als die von Vater beobachteten Sphärolithe der dritten Modification sich negativ verhielten«[2]). Um so interessanter ist es, daß Bütschli selbst aus übereinander geschichteten concentrierten Lösungen von $CaCl_2$ und $K_2CO_3$ bei mehrwöchentlichem Stehen Sphärolithe erhielt, welche erheblich größer und von etwas geringerem spec. Gewicht als die ebenerwähnten, etwas stärker und zwar negativ doppeltbrechend waren, »also in ihrem optischen Verhalten mit den von Vater beschriebenen Gebilden übereinstimmten«[3]). Sie enthielten nach Bütschli eine geringe Menge Calciumoxyd, welches wahrscheinlich aus dem verwendeten Chlorcalcium herstammte.

Alle diese Sphärolithe wandeln sich beim Erhitzen auf 400°, sowie beim Kochen ziemlich schnell, aber auch, nur viel langsamer, bei gewöhnlicher Temperatur in Wasser und wässerigen Lösungen in Calcit um. Die Umwandlung geschieht hierbei durch Auflösen der Sphärolithe und darauffolgendes Abscheiden des Calcits, meist in Form von Rhomboëdern. Besonders bemerkenswert ist die abweichende Art der Umwandlung in halbverdünntem Hühnereiweiß bei mehrtägiger Erwärmung auf 40°. Die Sphärolithe schienen unverändert geblieben zu sein, zeigten jedoch stärkere Doppelbrechung und erwiesen sich durch die Meigensche Reaction als Calcit. Der Charakter der Doppelbrechung war unverändert positiv geblieben. Da somit Calcitsphärolithe nicht nur negativen, sondern gelegent-

1) a. a. O. S. 31 ff. 2) a. a. O. S. 33.
3) a. a. O. S. 34.

lich auch positiven Charakter zeigen, da ferner, wie oben erwähnt, Aragonitsphärolithe (Erbsensteine) aus negativ und positiv doppeltbrechenden Schichten und Schichtenteilen aufgebaut sein können, so erscheint es nicht unberechtigt, wenn Bütschli in der Abweichung des optischen Charakters bei einem Teile seiner Sphärolithe von dem der sphärischen Aggregate Vaters kein wesentliches Unterscheidungsmerkmal erblickt, und nicht ansteht, auch seine positiv doppeltbrechenden Sphärolithe, welche im übrigen mit der Vaterschen Modification übereinstimmten und überdies die Meigensche Reaction gaben, dieser dritten Modification zuzurechnen. Von ähnlichen Erfahrungen, die ich bei der vorliegenden Arbeit gemacht habe, wird weiter unten die Rede sein.

In trockenem Zustande sind die Sphärolithe der Vaterschen Modification beständig. Bütschli erwähnt dies zwar nicht ausdrücklich, während er betreffs der isotropen Phase (ebenso später beim wasserhaltigen Kalk), besonders hervorhebt, daß sie »auch im trockenen Zustande wenig haltbar ist, sich schon nach einigen Wochen in krystallinischen kohlensauren Kalk verwandelt«[1]). Die Beständigkeit der Vaterschen Modificationen in trockenem Zustande bei gewöhnlicher Temperatur geht aber daraus unzweifelhaft hervor, daß sie eine Trocknung bei 105° ohne Veränderung aushielt. Berücksichtigt man nun noch, daß die isotrope Phase sich in Wasser von gewöhnlicher Temperatur in »sehr kurzer Zeit« in Calcit umwandelte[2]), während die schwach doppeltbrechende Phase erst nach fünftägigem Stehen im Wasser fast völlig verschwunden war[3]), so folgt, daß diese im Wasser eine mindestens 100fach, vielleicht mehr als 1000fach kleinere Umwandlungsgeschwindigkeit als jene besitzt. Da nun die Reactions-(Umwandlungs)geschwindigkeiten unter gleichen Umständen den Entfernungen vom Gleichgewichte (hier die Calcitphase) proportional sind[4]), unabhängig davon, ob beschleunigende Umstände (hier das Wasser durch Lösung) mitwirken oder nicht, so muß die Beständigkeit der Vaterschen Modification auch im trockenen Zustande mindestens 100mal so groß sein als die der isotropen Phase. Wenn nun diese in trockenem Zustande sich erst im Laufe »einiger Wochen« in Calcit verwandelte, so muß die Vatersche Modification unter gleichen Bedingungen eine Lebenszeit von wenigtens zwei Jahren besitzen[5]). Die Beständigkeit dieser Phase in Lösungen wird, wie G. Linck[6]) gelegentlich seiner Versuche

1) a. a. O. S. 13.

2) Bütschli, a. a. O. S. 14; »sehr kurze Zeit«, d. h. jedenfalls kürzer als ½ Stunde.

3) Bütschli, a. a. O. S. 33.

4) Nach Ostwald, Grundriß der allgem. Chemie 3. Aufl., 1899, 514 f.

5) Vgl. hierzu die 10jährige Beständigkeit der ersten, allerdings etwas Baryumcarbonat enthaltenden sphärischen Aggregate Vaters; diese Zeitschr. 1901, **35**, 160.

6) G. Linck, Über die Entstehung der Dolomite, Vortrag, gehalten am 5./V. 1909 in der Deutsch. geol. Ges. zu Berlin. Monatsber. d. Deutsch. geol. Ges. 1909, Nr. 5, 230—241; S. 238.

über die Entstehung der Dolomite gezeigt hat, durch eine Beimengung von Magnesiumcarbonat erhöht.

An dieser Stelle sei es gestattet, darauf hinzuweisen, daß wahrscheinlich eine Beimengung von Baryumcarbonat ebenfalls die Beständigkeit dieser neuen Phase des Calciumcarbonates erhöht. Denn 1) hat Vater seine »sphärischen Aggregate« zuerst als *Ba*-haltige entdeckt[1]), und sie zehn Jahre lang unverändert trocken aufbewahren können, und 2) hat M. Bauer[2]) bereits aus Lösungen von Baryumbicarbonat bei sehr langsamer, freiwilliger Verdunstung im Keller »rundliche Kügelchen ohne Einwirkung auf das polarisierte Licht« erhalten, die sich später in undeutlich radialfaserige Sphärolithe mit sehr schwacher Doppelbrechung verwandelt hatten[3]). Die ersten, isotropen, verhältnismäßig beständigen Kügelchen von Baryumcarbonat dürften dann der erwähnten unbeständigen isotropen Modification, der ersten Ausscheidungsphase des reinen kohlensauren Kalkes, entsprechen, die Sphärolithe aber der Vaterschen Modification.

Hier ist der Ort, einer weiteren Abscheidungsart des $CaCO_3$ zu gedenken; nämlich des wasserhaltigen Calciumcarbonates. Eine Reihe früherer Forscher, die ich hier übergehe, weil sie in der erwähnten Arbeit von Bütschli[4]) ausführlich chronologisch geordnet aufgeführt sind, haben schon wasserhaltigen Kalk unter den Händen gehabt. Ihre Angaben über den Wassergehalt schwanken jedoch zwischen 5 und $6H_2O$ auf $1\,CaCO_3$. Übereinstimmung herrscht in der Beobachtung, daß sich diese Krystalle nur bei niederer Temperatur (unterhalb $+\,20^0$ etwa) bilden und selbst bei $0^0$ weder in Luft noch in Wasser beständig sind, bei Temperaturen von $+\,25^0$—$30^0$ aber sehr schnell zerfallen. Eingehendere Mitteilungen verdanken wir Pelouze[5]). Durch Einleiten von Kohlensäure in Kalkwasser oder in eine Zuckerkalklösung bei $+\,1^0$—$2^0$, sowie durch Zersetzung einer Lösung von Chlorcalcium mit einer solchen von Natriumcarbonat erhielt er die Verbindung $CaCO_3 + 6H_2O$ (52% $H_2O$). Bei $7^0$—$8^0$ sollte ein Salz mit $5H_2O$ entstehen können. W. Biedermann[6]) erhielt die gleichen Krystalle aus frischen Krebspanzern und Krebsblut, jedoch nur in den Wintermonaten. Bütschli hat nun diese Abscheidung näher untersucht und festgestellt,

1) Diese Zeitschr. **21**, 462 ff.

2) N. Jahrb. f. Min. usw. 1890, **1**, 12.

3) a. a. O. S. 23.

4) a. a. O. S. 40 ff.

5) J. Pelouze, Sur la prod. artif. de carbon. de chaux crystall. et s. deux comb. de sel avec de l'eau. Ann. chim. phys. 1831, **48**, 301—307; und: Sur une comb. nouv. d'eau et de carbon. de chaux. Compt. rend. 1865, **60**, 429—431, cit. nach Bütschli, Lit.-Verz. a. a. O. S. 167.

6) W. Biedermann, Über den Zustand des Kalkes im Crustaceenpanzer. Biol. Centralbl. 1901, **21**, 343—352; und: Geformte Secrete, Zeitschr. f. allgem. Physiol. 1903, **2**, 395—481, cit. nach O. Bütschli, Lit.-Verz. a. a. O. S. 165

daß ihre chemische Zusammensetzung der Formel $CaCO_3 + 6H_2O$ entspricht[1]). Die Krystalle bildeten sich aus frischen Krebspanzern in Wasser (Krystalle *k*), sowie aus deren Blut (Krystalle *b*) bei niederen Temperaturen, am besten bei 0°. Ferner ebenso wie bei Pelouze, häufig aus einer 0,5% $CaCl_2$-haltenden Lösung mit einer schwachen Lösung von kohlensaurem Ammon bei etwa 0° (Krystalle *c*) und besonders reichlich aus Lösungen von Calciummonosaccharat mit Kohlensäure (Krystalle *z*). Es zeigte sich, daß der wasserhaltige Kalk auch bei höheren Temperaturen (bis zu 20°) erhalten werden konnte, aber sehr rasch zerfiel.

Die Verbindung krystallisierte monoklin, in Formen ähnlich denen des Gaylussits $CaCO_3.Na_2CO_3 + 5H_2O$, die Krystalle *k* und *b* meist säulenförmig, die Krystalle *c* und *z* in der Regel in Gestalt von Tafeln[2]), durch Überwiegen eines Flächenpaares *p*, welches Bütschli als Basis deutet. Der spitze Winkel $\beta$ zweier Basiskanten betrug 86°—87,2°, das spec. Gewicht 1,752 bei 1,8°. Die Doppelbrechung war ziemlich stark, ihren Charakter erwähnt Bütschli nicht.

Der $CaCO_3 + 6H_2O$ zeichnete sich durch große Unbeständigkeit aus, ganz besonders die von organischen Beimengungen freien Krystalle *c*. An Luft wurden sie rasch trübe und undurchsichtig und gingen in die nach Bütschli isotrope, vielleicht aber sehr feinkrystalline Verbindung $CaCO_3 + H_2O$ über. In Wasser bildeten sich aus dieser Verbindung rasch Calcitsphärolithe; dies und die Analyse bewies, daß die Substanz der an Luft »verwitterten« Krystalle nicht einfach wasserfreier Kalk war[3]).

Die Krystalle des wasserhaltigen Kalkes $CaCO_3 + 6H_2O$ zersetzten sich in der Mutterlauge wie in reinem Wasser rasch. Selbst bei 0° waren aus den Krystallen *c* in wenigen Stunden Calcitsphärolithe und Rhomboëder hervorgegangen; meist, wie schon Biedermann[4]) beobachtet hat, unter Bildung von allmählich sich weitenden Höhlungen, die ein oder mehrere Rhomboëder umschlossen, nach Bütschli ein Zerfall unter Lösung und darauf folgender Abscheidung.

Bütschli hält es nicht für wahrscheinlich, daß der $CaCO_3 + 6H_2O$ durch einfache Umwandlung von amorphem kohlensaurem Kalk bei niederen Temperaturen entstehe[5]). Er vermutet vielmehr, daß er durch Zersetzung einer Verbindung von $CaCO_3$ mit organischer Substanz entsteht. Dies kann sich aber nur auf die in Gegenwart organischer Substanzen ausgeschiedenen Krystalle beziehen. Die aus reinen verdünnten Chlorcalcium- und Ammoniumcarbonat-Lösungen erhaltenen Krystalle können dagegen nur

1) Bütschli, a. a. O. S. 49.
2) a. a. O. Tafel IV.
3) a. a. O. S. 51.
4) Biedermann, 1904, a. a. O. S. 350.
5) a. a. O. S. 59.

entweder primär entstanden oder aus zuerst gebildetem amorphem $CaCO_3$ hervorgegangen sein. Daß letzteres wahrscheinlicher ist, geht aus Bütschlis eigener Beschreibung der Darstellungsweise der Krystalle *c* hervor[1]). Aus der hierbei zuerst auftretenden »geringen Trübung« bildete sich erst »nach einigem Stehen ein schön krystallinischer Bodensatz«. Was kann nach allem bisher Bekannten jene Trübung anderes gewesen sein, als amorpher Kalk? Überdies sagt Bütschli einige Zeilen weiter unten: »Mit $Na_2CO_3$ statt Ammoniumcarbonat ergab sich kein besonderer Erfolg, doch wurde einmal beobachtet, daß der Niederschlag von amorphem Kalk, der mit mäßig concentrierten stark gekühlten Lösungen von $CaCl_2$ und $Na_2CO_3$ auf dem Filter erzeugt, und rasch abgesaugt worden war, beim Waschen mit abgekühltem Wasser sich rasch und fast vollständig in die fraglichen Krystalle verwandelte.«

Alle bisher erwähnten Arbeiten beweisen schon, daß der nunmehr also trimorphe kohlensaure Kalk monotrop ist, d. h. daß Calcit bei allen Temperaturen die allein beständige Phase bleibt. Auch das nicht seltene Vorkommen von Pseudomorphosen des Calcits nach Aragonit in der Natur bestätigt dies. Dem schien allerdings das zweimal beobachtete[2]) Auftreten von Pseudomorphosen des Aragonits nach Calcit zu widersprechen. Doch gelang es M. Bauer[3]) nachzuweisen, »daß man es (bei Pseudomorphosen der letzten Art) nicht mit einer durch molekulare Umlagerung der Kalkspatsubstanz in Aragonit entstandenen Paramorphose zu tun hat«, sondern mit einer Auflösung des Kalkspats von innen her und darauf folgenden Wiederauskrystallisation des $CaCO_3$, und zwar infolge der Gegenwart eines Baryumsalzes, als Aragonit, unter Beibehaltung der äußeren Form des ursprünglichen, außen zum Teil noch erhaltenen Kalkspates.

In diesem Zusammenhange sind noch zwei Arbeiten zu erwähnen, die eine weitere Bestätigung für das monotrope Verhalten des $CaCO_3$ lieferten. Favre und Silbermann[4]) bestimmten die Umwandlungswärme von Aragonit und Calcit zu 23,6 Kal. durch Lösung beider in $HCl$ und Vergleich ihrer Wärmetönung. Foote[5]) untersuchte einerseits das Löslichkeitsverhältnis von Aragonit und Calcit in mit Kohlensäure gesättigtem Wasser durch Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit, andererseits die Vorgänge bei der Zersetzung beider durch oxalsaures Kali. Die auf beiden Wegen

---

1) a. a. O. S. 46.

2) Von G. Rose, Abh. d. Berliner Akad. d. Wiss. 1856, 66 und von Friedr. Sandberger, Poggend. Ann. 1866, **129**, 472 ff.

3) M. Bauer, N. Jahrb. f. Min. 1890, **1**, 12—21. Ausz. diese Zeitschr. **21**, 144.

4) Ann. chim. phys. 1853, (3) **37**, 434, cit. nach Ostwald, Lehrb. d. allgem. Chemie II, **1**. Chem. Energie, 1893, S. 273.

5) H. W. Foote, Über die physikalisch-chemischen Beziehungen zwischen Aragonit und Calcit. Zeitschr. f. phys. Chem. 1900, **33**, 740—759. Ausz. diese Zeitschr. **36**, 294 f.

erhaltenen Zahlen stimmten gut überein und führten zu den folgenden Hauptergebnissen: Calcit kann bei Atmosphärendruck niemals zur unbeständigeren der beiden Formen werden. Die Umwandlung von Aragonit in Calcit entwickelt Wärme in geringer Menge[1]).

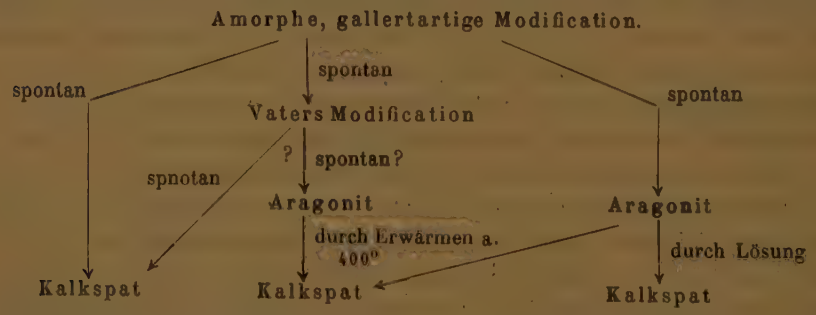
So stellt sich denn nach einer von Linck[2]) gegebenen Zusammenstellung der heutige Stand unserer Kenntnis der Modificationen des kohlensauren Kalkes in folgender Weise dar:

Tabelle I. Die Phasen des $CaCO_3$.

| | Name | Spec. Gewicht | Charakter der Doppelbrechung in Krystallen | in Sphärolithen |
|---|---|---|---|---|
| 1 | Gallertartig | ca. 2,3 | | |
| 2 | Vaters Modification | ca. 2,6 | ? | ± |
| 3 | Aragonit | 2,95 | — | ± |
| 4 | Calcit | 2,72 | — | (∓) |

Und für die Entstehung des kohlensauren Kalkes auf den in der Natur fast allein in Betracht kommenden Wegen gibt Linck[3]) das folgende übersichtliche Schema:

Tabelle II. Die Umwandlungen der Phasen des $CaCO_3$.




Ein vollständiges Verzeichnis der einschlägigen Literatur findet sich in Abegg, Handbuch der anorganischen Chemie, 2, 2: Die Elemente der

1) Dies letztere dürfte wohl der Grund für die allgemein und auch in dieser Arbeit gemachte Erfahrung sein, welche Vater schon in seiner ersten Abhandlung in die Worte kleidet: »Wenn man versucht, die bisher beschriebenen Darstellungsweisen der $CaCO_3$-Krystalle zu wiederholen, so findet man bald, daß die Krystallisation des Calciumcarbonates von zahlreichen und zum Teil geringfügig erscheinenden Umständen beeinflußt wird.«

2) G. Linck, Über die Bildung der Kalksteine. Vortrag, gehalten in der Med. naturwiss. Ges. zu Jena. Naturwiss. Wochenschr., N. F., 1909, 8, 690.

3) Ebenda, S. 691.

2. Gruppe d. per. Systems 1905, S. 164ff. und bei Bütschli, a. a. O. S. 165—174.

---

Die vorliegende Arbeit wurde vor Bekanntwerden der Untersuchungen Bütschlis begonnen und hatte zum Zwecke, im Anschluß an die Untersuchungen von Linck über die Oolithe und Rogensteine, die Ausscheidungsbedingungen für Calcit und Aragonit aus reinem Wasser wie aus Meerwasser und anderen salzhaltigen Lösungen zu erforschen.

Die Beobachtungen von C. G. Cullis[1]), daß in frischen, eben erst abgestorbenen, aus Aragonitnadeln bestehenden Korallen die Hohlräume durch nachträglich ausgeschiedenen nadelförmigen Aragonit mehr oder weniger erfüllt waren, der in krystallographisch regelmäßiger Beziehung mit den ursprünglichen Aragonitprismen verwachsen war, daß dagegen die Hohlräume älterer, zwar aus Aragonit bestehender, aber schon mit Schlamm überzogener Korallen im allgemeinen regellose Haufwerke von Calcit enthielten, gaben mir die Anregung, die Wirkung von Aragonit- und Calcitkeimen auf Lösungen, die für das Monocarbonat stark übersättigt waren, zu untersuchen. Ein Einfluß war allerdings nur zu erwarten, wenn die Krystallisation nicht zu plötzlich, aber auch nicht zu langsam erfolgte. Im ersteren Falle hätten die Keime nicht Zeit gehabt, ihren Einfluß auszuüben; im zweiten Falle war voraussichtlich die Neigung der Fällung, ohne weiteres die beständigste Phase, den Calcit, aufzusuchen, dem Einflusse von Keimen der unbeständigeren Modification überlegen. Denn nur bei schneller Entspannung einer Übersättigung gilt die Ostwaldsche Regel, daß nicht die beständigste, sondern die nächstliegende Phase auftritt. Daher wählte ich zunächst und beschränkte ich mich in der Folge auf die Abscheidung des kohlensauren Kalkes aus bicarbonathaltenden Lösungen. Die gewünschte Beschleunigung der Ausfällung suchte ich dadurch zu erreichen, daß ich die Bicarbonatlösungen nicht, wie bisher stets geschehen, der freiwilligen Verdunstung überließ, sondern einen kräftigen Luftstrom durch die Flüssigkeit saugte. Dies hatte zugleich den Vorteil, daß die Flüssigkeit samt den Keimen in steter heftiger Bewegung erhalten wurde, wodurch erst die Bedingungen für die Wirksamkeit der Keime erfüllt wurden[2]).

Bevor ich zur Beschreibung der Versuche übergehe, seien noch einige Worte über die Namengebung der verschiedenen Gebilde vorausgeschickt.

1. Unter »Rhomboëder« schlechthin verstehe ich der Kürze halber das Grundrhomboëder des Calcits {100}.

---

1) The Atoll of Funafuti usw., Report of the coral reef comittee of the Royal Society of London, 1904, **14**. The Mineralogical Changes usw. by C. G. Cullis S. 392—420 und Tafel F. Ausz. diese Zeitschr. **42**, 313f.

2) Doch habe ich, um sicher zu gehen, in allen Versuchen mit Keimen während der ersten 20 Minuten außerdem energisch geschüttelt.

2. Rosenbusch[1]) unterscheidet zwar:

a) eigentliche Sphärolithe, d. i. amorphe, kugelig aggregierte Substanz, welche durch Spannung Doppelbrechung und individuelle Teilung erhalten kann;

b) eigentliche Sphärokrystalle, krystalline Massen in concentrisch-schaliger oder radialfaseriger Anordnung oder beides zugleich.

Da es aber in vielen Fällen schwer ist, beide Kategorien scharf zu trennen und daher der kürzere Ausdruck Sphärolith (Vater[2]) nennt beide »Sphärokrystalliten«) allgemein auch für Sphärokrystalle gebraucht wird, so schließe ich mich dieser Benennung an.

3. Als besondere Abart der Sphärolithe bezeichnet Zirkel[3]) mit dem Namen »Axiolithe« solche verzerrte Sphärolithe, deren dunkles Kreuz zwischen gekreuzten Nicols nur in bestimmten, zueinander senkrechten Stellungen geschlossen sein kann, während es sich bei Drehungen in jeder anderen Lage öffnen muß. Diese Bezeichnung verwende ich für diejenigen sehr häufig auftretenden Calcitsphärolithe, die anscheinend aus der Verwachsung zweier, auch wohl mehrerer Sphärolithe hervorgegangen sind, meist eine ameiseneierähnliche oder semmelförmige Gestalt besitzen, und die beschriebene Erscheinung zwischen gekreuzten Nicols zeigen.

4. K. Krech[4]) schlägt zur Vermeidung von Irrtümern und zwecks besserer Abgrenzung der Begriffe vor, die Bezeichnung »Oolith« nur anzuwenden für die typischen, d. h. radial- und zonarstruierten Gebilde. Für chemisch und structurell veränderte Oolithe dagegen, die sich also mit den »Granosphäriten« E. Cohens, nämlich feinkörnigen Calcitaggregaten mit richtungslos körniger Structur, soweit sie natürlichen Ursprungs sind, decken würden, führt Krech den Namen »Oolithoid« ein. Da nun die Sphärolithe der Vaterschen Modification nicht selten gleichfalls in rundliche, sehr häufig brombeerartige oder (zwischen gekreuzten Nicols) stiefmütterchenblütenähnliche Aggregate nicht näher bestimmbarer Körner übergehen, so möchte ich die innere durch die Paramorphose gegebene Beziehung der ursprünglichen Sphärolithe zu ihren Producten, sofern ihnen noch die äußere Form erhalten geblieben ist, dadurch auch im Worte andeuten, daß ich, dem Vorgange Krechs folgend, diese auf künstlichem Wege entstandenen Granosphärite als »Sphärolithoide« bezeichne.

---

1) Rosenbusch, Mikroskop. Physiogr., 4. Aufl., 1904, **1**, 394.
2) Diese Zeitschr. **27**, 509.
3) Nach Rosenbusch, a. a. O. S. 397.
4) K. Krech, Beiträge zur Kenntnis der Oolithe. Inaug.-Diss., Jena 1908, S. 26.

## Experimenteller Teil.

Ich verwendete folgende Lösungen:

I. Reines Wasser,

II. Meerwasser, welches in 1000 g Wasser enthielt[1]):

27,90 g $NaCl$,
2,34 g $MgCl_2$,
1,55 g $KCl$,
0,52 g $NaBr$,
1,56 g $CaSO_4$,
1,85 g $MgSO_4$.

Ferner, einer Anregung des Herrn Professor Linck folgend, um festzustellen, ob Ammonsalze einen Einfluß auf die Fällung ausüben:

IIa. Meerwasser, mit 2,03 g $(NH_4)_2SO_4$ auf 1 l (äquiv. 1,85 g $MgSO_4$).

Um zu erfahren, ob eines der im Meerwasser enthaltenen Salze als Lösungsgenosse des Calciumcarbonates von besonderer Bedeutung für die Abscheidungsart des $CaCO_3$ sei, stellte ich noch mit folgenden Lösungen, welche die wichtigeren Salze des Seewassers einzeln je in derselben Menge enthielten, eine Reihe von Versuchen an:

III. 1,56 g $CaSO_4$ in 1000 g Wasser
IV. 27,90 g $NaCl$ - 1000 g -
V. 1,85 g $MgSO_4$ - 1000 g -
VI. 2,34 g $MgCl_2$ - 1000 g -
VII. 1,55 g $KCl$ - 1000 g -

Außerdem verwendete ich zum Vergleiche mit Versuchen der Reihen I bis VII noch die Lösungen:

VIII. 20,74 g $NH_4Cl$ (äquiv. 27,90 $NaCl$) in 1000 g Wasser, zum Vergleiche mit I und IV.

IX. 2,03 g $(NH_4)_2SO_4$ (äquiv. 1,85 g $MgSO_4$) in 1000 g Wasser, zum Vergleiche mit I, IIa und V.

X. Eine jeweilen für die betr. Temperatur gesättigte Lösung von $NaCl$ in $H_2O$, zum Vergleiche mit IV.

Diese Lösungen wurden auf folgende Weise mit Bicarbonat unter einem Kohlensäuredrucke von ungefähr 1 Atmosphäre gesättigt: Sie wurden in Kolben gefüllt, an deren Boden sich genügende Mengen von reinem gefälltem $CaCO_3$ befanden. Mit Hilfe eines Zu- und eines Ableitungsrohres

1) Nach v. Bibra, entnommen aus G. Linck, Die Bildung der Oolithe und Rogensteine, a. a. O. S. 499.

wurde Kohlensäure aus einer Stahlbombe in ununterbrochenem Strome durch die Flüssigkeit geschickt. Der Kalk am Boden wurde durch häufiges Umschütteln möglichst gut mit der Flüssigkeit in Berührung gebracht, so daß die bei 1 Atm. Kohlensäuredruck erreichbare Sättigung mit Bicarbonat nach zwei Tagen vollendet war. Dies wurde bei sonst salzfreier Lösung dadurch geprüft, daß in gewissen Zeitabständen mittels einer Pipette der Flüssigkeit 20 $cm^3$ entnommen, diese gewogen, sodann in einem gleichfalls gewogenen Porzellantiegel eingedampft wurden. Der Rückstand wurde bei 110°, dann im Exsiccator über Nacht getrocknet und gewogen. Diese Operation wurde wiederholt, bis annähernd Constanz in den Mengen des Rückstandes, bezogen auf gleiche Flüssigkeitsmengen, eingetreten war. Der Pipette war, zwecks Zurückhaltung aufgerührter Kalkteilchen, am unteren Ende mittels eines kurzen Gummischlauches ein mit einem Wattepfropfen versehenes kurzes Röhrchen vorgeschaltet.

Ich hatte anfänglich gehofft, auf diesem Wege gleichzeitig auch die Concentration des Bicarbonates in wässeriger unter 1 Atm. $CO_2$-Drucke stehender Lösung bestimmen zu können; sah jedoch sehr bald, daß dieser Methode viel zu viel Fehlerquellen anhafteten (namentlich wechselnder $CO_2$-Druck bei Entnahme der Probe, ferner zu kleine Flüssigkeitsmengen), als daß sie Zahlenwerte ergeben hätte, die neben den durch Leitfähigkeitsbestimmung unter genau geregelten Druckverhältnissen erhaltbaren auch nur annähernd bestehen konnten. Es sei daher nur als Anhalt über den erreichten Sättigungsgrad angeführt, daß die mit $CO_2$ bei 1 Atm. Druck gesättigte wässerige Lösung

bei 15°—17° etwa 1,15 g
- 29° - 0,91 g
- 35° - 0,80 g $CaCO_3$ (als Bicarbonat) in 1000 g Wasser enthielt.

Für die beabsichtigten Versuche waren geringe Schwankungen des Sättigungsgrades ganz gleichgültig; ich gab mir daher keine Mühe, stets genau den gleichen Sättigungspunkt zu erreichen. Bei den übrigen Lösungen prüfte ich die Sättigung mit Bicarbonat im allgemeinen nicht besonders[1]).

Die Versuche selbst wurden mit je 80—120 $cm^3$ der Lösungen angestellt. Die Versuchsdauer[2]) betrug (von einigen besonders erwähnten Ausnahmen abgesehen) $1\frac{1}{2}$—2 Stunden. Einige Vorversuche hatten gezeigt, daß

1) Die Zahlenwerte, welche sich bei der beschriebenen Methode für salzhaltige Lösungen ergaben, stimmten, wegen der Beimengung der zum Teil hygroskopischen Salze, unter sich noch weniger überein als die für salzfreie Lösungen erhaltenen. Da es hierin auf Genauigkeit nicht ankam, verzichtete ich nach einigen hier nicht angeführten Bestimmungen auf weitere.

2) Gerechnet vom Beginne des Luftdurchsaugens bis zur Unterbrechung des Luftstromes, s. u.

diese Mengen- und Zeitverhältnisse die günstigsten waren. Allerdings konnten während zweier Stunden die ersten Ausscheidungen unbeständiger Phasen Zeit haben, sich in beständigere umzuwandeln. Da aber Meigens »kugelförmiger Aragonit« sich auch in verdünnten Lösungen einige Stunden erhalten hatte[1]), und da Vaters »sphärische Aggregate« sogar nach tagelanger Diffusion aus verdünnten Lösungen entstanden waren[2]), so erschien die Annahme gerechtfertigt, es möchten sich diesen ähnliche oder gleiche Ausscheidungen, wenn überhaupt gebildet, während einer zweistündigen Versuchsdauer nicht oder nur zum geringen Teile in beständigere Phasen umwandeln. Überdies waren die Producte der beschleunigten Abscheidung aus Bicarbonat, wie schon Vorversuche lehrten und dann die Versuche selbst bestätigten, vielfach winzig klein und schlecht ausgebildet, so daß bestimmte Formen oft überhaupt nicht, sehr häufig nur unnähernd, dem Anscheine nach erkannt und beschrieben werden konnten. Eine kürzere Versuchsdauer bei gleicher Flüssigkeitsmenge hätte, infolge der größeren Feinheit der Teilchen, die bis zur Beendigung des Versuches sich erst hätten bilden können, die Beurteilung der Formen unter dem Mikroskope noch mehr erschwert. Zwei weitere techniche Schwierigkeiten wären bei kürzerer Versuchsdauer in erhöhtem Maße aufgetreten, die auch ohne dies sich manchmal in unerwünschter Weise geltend machten: Erstens die geringe Niederschlagsmenge, welche eine Trennung des Niederschlages von der Mutterlauge durch Filtration und Auswaschen nicht zuließen, weil er sich (besonders die kleineren Teilchen) kaum mehr vom Filter entfernen ließ, so daß weitere Untersuchungen unmöglich wurden. Ich habe daher den Niederschlag nur durch Absetzenlassen und rasches Decantieren von der Mutterlauge getrennt und gewaschen. Zweitens, je kleiner die Teilchen, umso langsamer setzen sie sich beim Decantieren zu Boden. Da nun bei kürzerer Versuchsdauer ein größerer Teil des Bicarbonates noch unzersetzt blieb, so konnten während des langsamen Absetzens des Niederschlages weitere Abscheidungen eintreten[3]), welche das Ergebnis fälschten. Allerdings war auch bei zweistündigem Durchsaugen der Luft noch nicht alles Bicarbonat zersetzt, wohl aber der größere Teil[4]), daher konnte während des etwa fünf Minuten dauernden Absetzenlassens keine oder nur eine so minimale nachträgliche Abscheidung gebildet werden, daß sie für das Ergebnis nicht in Betracht kam. Auf vollständige Zersetzung des Bicarbonates

---

1) Vgl. Meigen, a. a. O. **18**, z. B. S. 52 oder 58.

2) Diese Zeitschr. 1901, **35**, 162 ff.

3) und traten auch ein, sichtbar allerdings nur an der Oberfläche der Lösung, wie Vorversuche erwiesen.

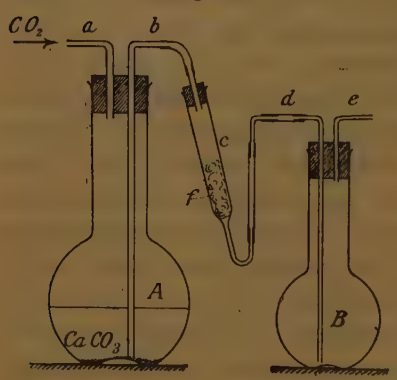
4) Dies zeigte sich, wenn ich die Mutterlauge nach der Trennung vom Niederschlage einige Zeit zum Sieden erhitzte, oder während mehrerer Tage mit Watte bedeckt im Becherglase stehen ließ, und dadurch völlige Zersetzung herbeiführte.

kam es bei meinen Versuchen auch gar nicht an; sie war nicht einmal wünschenswert, weil sonst die Abscheidung am Schlusse des Versuches wesentlich langsamer als zu Beginn vor sich gegangen wäre. Dadurch hätte sie unter Umständen ja eine abweichende Ausbildung erfahren können.

Um größere, das heißt für die weiteren Untersuchungen genügende, allfällig filtrierbare Niederschlagsmengen bei kürzerer als zweistündiger Versuchsdauer zu erzielen, hätte ich größere Flüssigkeitsmengen anwenden müssen. Dann aber traten wieder die letztgenannten Übelstände in erhöhtem Maße auf. Überdies hätte, da die Leistung der Wasserluftpumpe nicht gesteigert werden konnte, der Partialdruck der $CO_2$, von dessen Abnahme ja die Zersetzungsgeschwindigkeit des Bicarbonates abhängig ist, bei größeren Flüssigkeitsmengen langsamer abgenommen als bei kleineren, so daß die erwarteten Vorteile wieder zum guten Teile illusorisch wurden.

Ich verwendete Kölbchen vom 150—200 cm³ Inhalt. Sie wurden ebenso wie alle Verbindungsschläuche und -Rohre vorher mit Salzsäure und destilliertem Wasser gewaschen und getrocknet. Das erweiterte Rohr *e* (Fig. 1) wurde mit einem Wattepfropfen (*f*) versehen. Bei den für Versuche mit Keimwirkung bestimmten Apparaten wurde nun etwa 0,01 g feingepulverter Aragonit bezw. Calcit eingeführt, und zwar teils ins Kölbchen geschüttet, teils unmittelbar hinter das Wattefilter gebracht, damit die Flüssigkeit sofort nach Durchlaufen des Filters (*f*) mit den Keimen in Berührung kam. Darauf wurde Kölbchen (*B*) mit Filterrohr *e* sofort verbunden und beide mit $CO_2$ gefüllt, allfällig (für Versuche bei höherer oder niederer Temperatur als der des Zimmers) gleichzeitig vorgewärmt, bezw. vorgekühlt. Diese beiden Vorsichtsmaßregeln hatte ich anfänglich außer Acht gelassen. Es ließ sich dann gelegentlich eine geringe Abscheidung von Kalk im Versuchskölbchen schon während des Einlaufes der Lösung (s. u.) beobachten infolge des plötzlich verminderten Partialdruckes der $CO_2$ oder der Temperaturänderung. Diese vorzeitige Fällung konnte die Wirkung der Keime, überhaupt das Ergebnis des Versuches in uncontrollierbarer Weise beeinflussen, und wurde auf die angegebene Weise verhindert. Versuche ohne diese Vorsichtsmaßregeln sind ausgeschieden worden.

Fig. 1.




Nach diesen Vorbereitungen wurde Filterrohr *c* mit dem Kolben *A*, welcher die Bicarbonatlösung enthielt, verbunden, wie aus Fig. 1 ersichtlich. Die $CO_2$, welche während der Darstellung der Lösung aus der Bombe

durch *b* eintrat, wurde nun durch das Rohr *a* zugeführt und drückte die gewünschte Menge Lösung durch *b* in das erweiterte Rohr *c*. Filter *f* befreite die Flüssigkeit von mitgerissenen Kalkteilchen worauf sie durch den verengerten Teil von *c* und durch *d* in das Versuchskölbchen *B* einlief. War dieses ungefähr[1]) zur Hälfte gefüllt, so wurde *c* mit *a* verbunden, und die $CO_2$ wieder durch *b* in den Kolben *A* geschickt. Der Druck der $CO_2$ vertrieb nun die letzten Anteile der Lösung aus *c* durch *d* in das Kölbchen *B*. Filterrohr *c* wurde von *d* gelöst, *e* mit der vollgeöffneten Wasserluftpumpe verbunden. Da, wie oben erwähnt, eine vollständige Zersetzung des Bicarbonats nicht erforderlich war, so reinigte ich die durchstreichende Luft nicht von ihrem Gehalte an Kohlensäure. Um jedoch Staub (der möglicherweise Calcit enthielt) fernzuhalten, wurde die Luft vor ihrem Eintritte in *B* mittels eines vorgeschalteten Wattebausches filtriert. Eine Reihe von Versuchen, bei denen ich diese Vorsichtsmaßregel noch nicht angewendet hatte, mußte verworfen werden. Während des Durchsaugens der Luft setzte sich ein Teil des gebildeten Niederschlages mehr oder weniger fest haftend am Boden und an der Wand des Kölbchens an, während ein anderer Teil in der Lösung suspendiert blieb. Aus nicht ersichtlichen Gründen war das Mengenverhältnis dieser beiden Anteile zuweilen bei im übrigen völlig gleichen Versuchen sehr verschieden.

Nach 1½—2 stündigem Durchsaugen des Luftstromes wurde die Flüssigkeit mit den suspendierten Teilen ausgegossen, das Kölbchen mit destilliertem Wasser mehrmals ausgespült. Der haftende Niederschlag wurde mit einem Gummischuh abgekratzt, ein kleiner Teil auf den Objectträger gebracht, das übrige sofort der Meigenschen Aragonitprüfung mit Cobaltlösung unterworfen. Eine Probe des nunmehr gefärbten bezw. unverändert gebliebenen Niederschlages wurde wiederum auf den Objectträger gebracht. Der suspendierte Teil der Fällung wurde absitzen gelassen, decantiert und in gleicher Weise behandelt.

Obschon der durchstreichende Luftstrom die Flüssigkeit in starke Bewegung versetzte, wurde bei allen Versuchen mit Aragonit- oder Calcitkeimen, wie oben erwähnt, während der ersten 15—20 Minuten stark geschüttelt, um die Flüssigkeit möglichst innig mit den Keimen in Berührung zu bringen. Die auf den Objectträger gebrachten Proben der Niederschläge wurden möglichst schnell lufttrocken gemacht. Nachdem sie, wenn erforderlich, durch mehrmals wiederholtes Betupfen mit Wasser von Mutterlauge befreit waren, wurden die Flüssigkeitsreste so vollständig als möglich mit Filtrierpapier entfernt. In wenigen Minuten war das Pulver lufttrocken, und konnte nun in Canadabalsam[2]) gebettet und mit Deckgläschen versehen

1) Auf genau abgemessene Mengen kam es bei diesen Versuchen nicht an.

2) Verwendet wurde eine Lösung von Balsam in Toluol oder Chloroform, um die Möglichkeit einer Veränderung der Präparate durch Erhitzen zu vermeiden.

werden. Leider habe ich einige Male versäumt, die Niederschläge sofort unter das Mikroskop zu bringen. Es ist dies bei den betreffenden Versuchen ausdrücklich erwähnt. Diese Versäumnis konnte jedoch ein unsicheres oder falsches Ergebnis nur in den Fällen zur Folge haben, in denen ursprünglich eine auch in trockenem Zustande unbeständige Abscheidung des $CaCO_3$ vorgelegen hatte, das heißt also dann, wenn sich die isotrope Phase des kohlensauren Kalkes oder die Verbindung $CaCO_3 + 6\,H_2O$ ausschied, denn die Vatersche Modification und der Aragonit sind im trockenen Zustande beständig[1]). Der erste Fall kam in dieser Arbeit nicht in Frage, im zweiten Falle wurden die entsprechenden Versuche mit sofort anschließender mikroskopischer Untersuchung wiederholt.

## I. Versuche mit Lösungen von Bicarbonat in reinem Wasser.

### Versuch 1. Bei 0° mit Aragonitkeimen.

Der Niederschlag gab die »Aragonitreaction« nicht (mit Ausnahme der Keime). Unter dem Mikroskope zeigten sich rundliche, undefinierbare Krystallkörner neben mehr oder weniger gut ausgebildeten Rhomboëdern, 3—25 $\mu$ Durchmesser. Körner und Rhomboëder vielfach zu regellosen Haufwerken vereinigt. Alles mit hoher Doppelbrechung. Ergebnis: Calcit.

Auf Versuche ohne Keime oder mit Calcitkeimen verzichtete ich nach diesem Ergebnisse.

### Versuch 2. Bei 15°—17° mit Aragonitkeimen.

Erste merkliche Trübung der Lösung 5—10 Minuten nach Beginn des Versuches. Abgesehen von den Keimen blieb mit Cobaltlösung alles unverändert farblos. Unter dem Mikroskope: meist gut ausgebildete Rhomboëder von 6 bis (vereinzelt) 60 $\mu$ Durchmesser, die kleineren bedecken zahlreich die meist größeren Keimsplitter, oder sind zu regellosen, zuweilen rundlichen Aggregaten vereint. Ergebnis: Calcit.

Auch dies Ergebnis machte Versuche ohne Keime oder mit Calcitkeimen überflüssig.

### Versuch 3. Bei 17,5° bis 18,5° mit Aragonitkeimen.

Erste Trübung nach 5—10 Minuten. Keine Aragonitreaction (außer den Keimen). Die im Verhältnisse zum Niederschlage großen (bis zu 150 $\mu$) Keime waren teilweise dicht bedeckt von Calcitrhomboëdern von 2—12 $\mu$ Größe. Im übrigen mehr oder weniger gut ausgebildete Rhomboëder bis zu 50 $\mu$ Durchmesser, größere meist einzeln, kleinere in rundlichen regellosen Aggregaten. Außerdem etwa 50% Körner von gleicher Größe ohne erkennbare Krystallform.

---

1) Siehe oben S. 54.

In einem Falle, der schon nach $\frac{3}{4}$ Stunde unterbrochen wurde, fanden sich überdies 5% Sphärolithe von 5—20 $\mu$ Durchmesser, gutem Interferenzkreuze, schwacher negativer Doppelbrechung. Sie waren jedoch in dem mit *Co*-Lösung behandelten Niederschlage nicht mehr aufzufinden. Ergebnis: Calcit, in einem Falle eine geringe Menge Sphärolithe, möglicherweise Vaters Modification, mit negativer Doppelbrechung[1]).

### Versuch 4. Bei 17°—18° ohne Keime.

Sichtbare Trübung der Lösung nach etwa 15 Minuten. Nach einstündigem Durchsaugen der Luft wurde der Niederschlag mit *Co*-Lösung behandelt und blieb farblos. Unter dem Mikroskope: 60—70% gut ausgebildete Rhomboëder, 10—60 $\mu$ Durchmesser, neben 30—40% regelloser Haufwerke aus unregelmäßigen, zuweilen rhomboëderähnlichen Körnern von 5—20 $\mu$ Durchmesser. Sphärolithe waren nicht zugegen. Es wäre möglich, daß sie sich ursprünglich gebildet, aber schon während der Dauer des Versuches sich in jene regellosen Haufwerke umgelagert hätten. Ergebnis: Calcit.

### Versuch 5. Bei 29° mit Aragonitkeimen.

Erste Trübung nach 10—15 Minuten. Der am Boden und an der Wand haftende (kleinere) Teil des Niederschlages färbte sich mit *Co*-Lösung hellviolett, der suspendierte Anteil etwas dunkler. Unter dem Mikroskope enthielten beide meist gutausgebildete Rhomboëder von 15—18 $\mu$ Durchmesser, daneben in geringerer Menge regellose rundliche Aggregate aus kleinen, zum Teil rhomboëderähnlichen Körnern. Außerdem aber zahlreiche spitzspindel- oder keilförmige Kryställchen, 5—40 $\mu$ lang, mit ziemlich hoher negativer Doppelbrechung. Die meisten zu Bündeln, und nicht sehr regelmäßig gebauten stacheligen Kugeln gesellt (siehe Tafel I, Figur 1 u. 2), letztere mit ziemlich deutlichen Interferenzkreuz parallel den Nicolhauptschnitten. Es ist bemerkenswert, daß in dem an der Wand abgesetzten Niederschlage die Rhomboëder bei weitem vorherrschen, während sie im suspendierten Teile gegenüber den spindelförmigen Krystallen stark zurücktreten. Ergebnis: Vorherrschend Aragonit, daneben Calcit.

### Versuch 6. Bei 29° ohne Keime.

Erste Trübung nach etwa 25 Minuten. Der Niederschlag gab die Aragonitreaction unvollkommen. Unter dem Mikroskope: Formen wie bei Versuch 5, Rhomboëder im allgemeinen etwas größer, auch im suspendiert gebliebenen Anteile vorherrschend. In einem Falle war das Verhältnis aus nicht ersichtlichen Gründen im suspendierten Teile umgekehrt. Er enthielt etwa 80% kleine Spindeln und deren sternförmige Aggregate. Nach der Meigenschen Reaction waren jedoch im Niederschlage nur noch geringe Mengen von Sternen

1) Siehe oben S. 54.

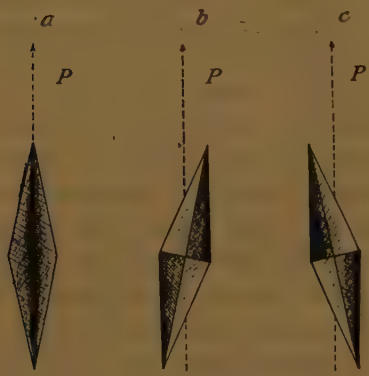
und Spindeln vorhanden, sie hatten zugleich an Stärke der Doppelbrechung verloren. An ihre Stelle scheinen kugelige, aus kleinen rhomboëderähnlichen Körnern gebildete Aggregate getreten zu sein. Ergebnis: Calcit vorherrschend, daneben Aragonit.

Sehr häufig waren die spitzspindelförmigen, auch nadelartigen Krystalle wie Durchdringungszwillinge unter meist rechten Winkeln durcheinander gewachsen (Fig. 2). Wenn solche Zwillinge zu mehreren annähernd centrisch an- und durcheinander wachsen, so können alle Übergänge vom einfachen kreuz- über sternförmige, dann stachelig-kugelige Gebilde bis zu wohl ausgebildeten Sphärolithen auftreten. Nicht selten ist die Sache noch etwas verwickelter und schwerer zu deuten. Es scheinen mehrere feine Nädelchen sich unter sehr spitzen Winkeln zu Spindeln aneinander zu lagern. Erst bei genauerer Beobachtung erkennt man nämlich, daß manche dieser Spindeln nicht ganz einheitlich gerade auslöschen, daß vielmehr, wenn die Spindelaxe einem der Nicolhauptschnitte parallel läuft, die äußere Umgrenzung schwach aufgehellt ist (schematisch dargestellt in Fig. 3a). Dreht man den Objecttisch um ein geringes nach rechts oder nach links, so beobachtet man eine etwas verschwommene Felderteilung, wie in Fig. 3b und c angedeutet ist. Es sind dann diejenigen Partien dunkel, deren nadelförmige Elemente parallel dem Hauptschnitte des Polarisators oder des Analysators liegen. Solche Spindeln sind also aufzufassen als Bündel aus winzigsten, fast parallel gelagerten Nädelchen. Diese spindelförmigen Bündel können dann ihrerseits, wie die einzelnen Nadeln, zu kreuz- und sternförmigen Gebilden bis zu mehr oder minder vollkommenen Sphärolithen mit annähernd radialer Faserung und einem (bei dickeren und weniger vollkommen radialfaserigen meist wenigstens am Rande) deutlich sichtbaren Interferenzkreuz zusammentreten (Tafel I, Fig. 1 und 2). Jene halbfertigen Gebilde kann man wohl treffend als »Sphärolithembryonen« bezeichnen[1]).

Fig. 2.



Fig. 3a, b und c.




Die Versuche 5 und 6 lassen zwar die Annahme zu, daß die Aragonitkeime einen gewissen Einfluß auf die Mengenverhältnisse des gebildeten

1) »Sphärolithembryonen« der beschriebenen Art sind auch bei Vaters Modifiation zu beobachten, nur kleiner, s. u.

Aragonits und Calcits ausüben, doch ist der Einfluß jedenfalls nicht von entscheidender Bedeutung; und der bei Versuch 6 beobachtete Ausnahmefall zeigt, daß andere, noch unbekannte, geringfügige Ursachen der Keimwirkung an Einfluß überlegen sein können.

### Versuch 7. Bei 34,5°—35,5° ohne Keime.

Erste Trübung nach 15—20 Minuten. Der am Boden und an der Wand des Kölbchens haftende Niederschlag gab die Aragonitreaction nicht, während der suspendiert gebliebene Teil sich violett färbte. Unter dem Mikroskope[1]) zeigte jener gut ausgebildete Rhomboëder von 15—60 $\mu$ Durchmesser und nur bis zu 20% ziemlich unregelmäßige, aus kleinen Nadeln zusammengesetzte Krystallbündel. Dieser (der suspendierte Teil) dagegen enthielt, in etwas wechselnden Mengen bei den einzelnen Versuchen dieser Reihe, 50—70% spitzspindelförmige Nadeln, Bündel und Sterne von 15—80 $\mu$ Länge mit hoher Doppelbrechung, neben 50—30% Rhomboëdern. Ergebnis: Aragonit und Calcit.

### Versuch 8. Bei 34,5° mit Calcitkeimen.

Nur ein Versuch dieser Art wurde ausgeführt. Keine Aragonitreaction. Unter dem Mikroskope[1]) fanden sich etwa 50% ziemlich gut ausgebildete Rhomboëder von 6—15 $\mu$ Durchmesser neben 50% regelloser Aggregate von auch bei 760 facher Vergrößerung und nicht mehr bestimmbaren, kaum 2 $\mu$ großen Körnchen, die zwischen gekreuzten Nicols etwa das Weiß der ersten Ordnung zeigten. Ergebnis: Wie erwartet, Calcit.

Wurde die Mutterlauge der Versuche 5—8 (S. 67—69) zum Sieden erhitzt, so war die nun auftretende, geringe nachträgliche Abscheidung zu 80—90% Aragonit in Form von 40—130 $\mu$ langen, mehr oder weniger gut zu strahligen, stacheligen Kugeln oder Bündeln gesellten Nadeln. Außerdem waren 10—20% wohlgebildete Rhomboëder wechselnder Größe zugegen. Unter dem Mikroskope zeigten die Aragonitnadeln und -Bündel nach der Behandlung mit *Co*-Lösung eine schwach rosa Färbung.

## II. Versuche mit Lösungen von Bicarbonat in Meerwasser.

### Versuch 9. Bei 0° mit Aragonitkeimen.

An den Wänden der Kölbchen hatte sich kein sichtbarer Niederschlag abgesetzt, es war alles in der Lösung suspendiert geblieben. Der Niederschlag gab die Aragonitreaction. Unter dem Mikroskope[2]): Unregelmäßige, meist überhaupt nicht näher bestimmbare sandkornähnliche Körner, einzelne an Rhomboëder erinnernd; 2—25 $\mu$ Durchmesser. Vielfach zu regellosen Aggregaten, auch zu brombeerähnlichen Sphärolithoiden vereinigt. Lebhafte

1) Anderthalb Monate später untersucht.
2) Zwei Monate später optisch untersucht.

Polarisationsfarben. Übergänge zwischen diesen und wohlerhaltenen Sphärolithen (ca. 50%) von etwa gleicher Größe, deutlich geringerer, negativer Doppelbrechung, mit gutem Interferenzkreuz. Hierzu etwa 10% spindelförmige, 4—15 $\mu$ lange Nadeln, zu Bündeln, Sternen usw. aggregiert. Die deutlich hervortretenden splitterigen Keime sind teilweise von Krystallkörnchen bedeckt. Ergebnis: Vaters Modification mit negativer Doppelbrechung und Calcit.

Die Mutterlauge mit einem Teile des Niederschlages 4 Tage lang bei Zimmertemperatur mit Watte bedeckt stehen gelassen, brachte eine nachträgliche Abscheidung von kleinen spitzpyramidalen Nädelchen und deren spindelförmige, oft mit zerfransten Enden versehene Bündel von ziemlich hoher negativer Doppelbrechung, neben unverändertem Calcit der ursprünglichen Fällung. Die nachträgliche Abscheidung färbte sich beim Kochen mit Cobaltnitratlösung lila, war also jedenfalls nicht Calcit. Aus weiter unten angeführten Versuchen unter gleichen Bedingungen, bei denen das spec. Gewicht bestimmt wurde, ergab sich, daß man es auch hier mit Aragonit zu tun hatte.

### Versuch 10. Bei 0° ohne Keime.

Bei neun Wiederholungen dieses Versuches unter meines Wissens völlig gleichen Bedingungen trübte sich die Flüssigkeit zu ganz verschiedenen Zeitpunkten, ohne daß ein Grund dafür ausfindig gemacht werden konnte; bald erschien schon nach der ersten halben Stunde eine zarte, ganz gleichmäßige, etwas opalescierende Trübe, bald erst nach zwei Stunden langem Durchsaugen von Luft, zuweilen selbst nach dreistündiger Versuchsdauer noch nicht. Im ersten Falle war am Schlusse des Versuches die Trübung verschwunden, während sich in der Flüssigkeit und an der Wand einige glitzernde Krystallflitter befanden, deren Menge sich bei längerem Stehenlassen in Eis (einmal über Nacht) erheblich vermehrte. In den beiden anderen Fällen schied sich erst nach 1—12 Stunden langem ruhigen Stehen bei 0° eine ziemlich beträchtliche Menge der gleichen glitzernden Krystalle von auffallender Größe (20—1000 $\mu$, durchschnittlich 60—150 $\mu$ größter Durchmesser) locker an der Wand und am Boden sitzend ab. Bei zwei Versuchen, nämlich bei denen, welche schon nach $\frac{1}{2}$—1 Stunde die erste Trübung gezeigt hatten, fanden sich außerdem noch in geringer Menge (gegen 10%) Rhomboëder von 3—30 $\mu$ Durchmesser, unregelmäßige, meist ganz winzige, zum Teil anscheinend rhomboëderähnliche Körner und kleine Sphärolithe von 8—20 $\mu$ Durchmesser, wahrscheinlich schon die ersten Zersetzungsproducte der Krystalle.

Die Analyse der meist tafelförmig ausgebildeten Krystalle ergab, daß sie dem von Bütschli[1]) zuerst zweifelsfrei festgestellten wasserhaltigen

1) a. a. O. S. 40—59 und Tafel IV.

Tabelle III. Analysen des $CaCO_3 + 6H_2O$.

| I. | | II. | | III. | IV. | | | V. Verlust $H_2O$ | | | VI. $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $CaCO_3 + 6H_2O$ Krystalle | | nach zehnwöchentl. Trocknen über $H_2SO_4$ | | geglüht als $CaO$ | $CaCO_3$, aus III. berechnet, in | | | über $H_2SO_4$ berechnet aus II. | darauf durch Glühen berechnet aus II. und IV. | | Gesamtverlust |
| Nr. | gewogen | gewogen | % von I. | gewogen | g | % von I. | % von II. | % von I. | % von I. | % von II. | % von I. |
| 1 | 0,0858 | — | — | 0,0234 | 0,0418 | 48,7 | — | — | — | — | 51,3 |
| 2 | 0,0814 | — | — | 0,0223 | 0,0398 | 48,9 | — | — | — | — | 51,1 |
| 3 | 0,1686 | — | — | 0,0461 | 0,0823 | 48,8 | — | — | — | — | 51,2 |
| 4 | 0,1722 | 0,0829 | 48,14 | 0,0463 | 0,0827 | 48,03 | 99,76 | 51,86 | 0,11 | 0,24 | 51,97 |
| 5 | 0,0951 | 0,0462 | 48,58 | 0,0256 | 0,0457 | 48,06 | 98,92 | 51,42 | 0,52 | 1,08 | 51,94 |
| theoretisch: | | — | — | — | — | 48,08 | — | — | — | — | 51,92 |

Kalk $CaCO_3 + 6H_2O$ angehörten. Siehe Tabelle III. Da ich mir die Erfahrungen Bütschlis zunutze machen konnte, so war es nach einigen mißlungenen Vorversuchen nicht schwer, ziemlich gut übereinstimmende Ergebnisse zu erhalten.

Zur Analyse wurden die Krystalle 4—5mal mit auf 0° abgekühltem Wasser, darauf 3—4mal mit gleichfalls gekühltem absolutem Alkohol gewaschen und in den gewogenen Platintiegel gebracht. Der Alkohol wurde nun durch vorsichtiges Aufblasen eines nicht zu starken, mit $CaCl_2$ getrockneten, aber nicht gekühlten Luftstromes verjagt. Länger als 15 Minuten durften die Krystalle dem Luftstrome nicht ausgesetzt werden, weil sonst ihre Zersetzung begann. Die Wägung (Spalte I der Tabelle III) mußte rasch beendet werden, denn schon 5 Minuten nach Beginn der Wägung machte sich eine langsame Gewichtsabnahme durch Verlust von Wasser bemerkbar. Nach $\frac{3}{4}$ bis einstündigem Glühen im elektrischen Öfchen war das Gewicht constant (Spalte III der Tabelle). Aus dem erhaltenen $CaO$ wurde der Gehalt der Krystalle an $CaCO_3$ und $H_2O$ berechnet, wie in Spalte IV und VI angegeben. Die Analysen 1—3 stimmen unter sich gut überein, zeigen aber alle etwas zu wenig $H_2O$-Verlust, jedenfalls weil die Zersetzung der Krystalle vor oder während der Wägung doch schon in geringem Maße begonnen hatte.

Eine etwas andere Behandlung erfuhr die Substanz in Nr. 4 und 5 der Tabelle III. Sie wurde nach dem in gleicher Weise vorgenommenen Auswaschen mit Wasser und Alkohol nur 10 Minuten lang im Luftstrome getrocknet, wobei vielleicht noch Spuren von Alkohol zurückgeblieben sind, welche die aus der Tabelle ersichtliche Erhöhung der Procente von Wasserverlust verursacht haben mögen. Die Krystalle 4 und 5 wurden 10 Wochen lang im Exsiccator bei gewöhnlicher Temperatur liegen gelassen und gaben, wie aus Spalte II und V zu erkennen, bis auf geringe Reste alles Wasser ab. Die von Bütschli wahrscheinlich gemachte Verbindung $CaCO_3 + H_2O$[1]) habe ich auf diesem Wege analytisch nicht nachweisen können.

Die Krystalle $CaCO_3 + 6H_2O$ stimmten in allen Eigenschaften, soweit untersucht, mit den von Bütschli für diese Verbindung angegebenen überein.

Die Ausbildung der Krystalle war fast stets tafelartig durch Überwiegen des von Bütschli[2]) als Basis angesehenen Flächenpaares $c$ (Fig. 4 und

---

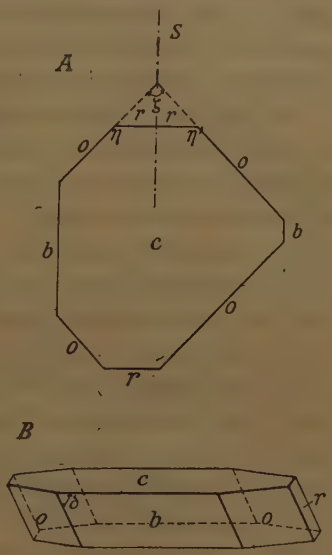
1) a. a. O. S. 44 und 51. Die Dauer der Trocknung über Schwefelsäure gibt Bütschli nicht an.

2) a. a. O. S. 49 f. und Tafel IV. Meine Krystalle glichen am ehesten den »Krystallen $c$« bei Bütschli, insbesondere den in Fig. 16c und 27c, ferner auch den in Fig. 18c, 28z und 29z von Bütschlis Tafel IV dargestellten Formen.

Die Beziehung der Bütschlischen Bezeichnungsweise der Flächen zu der hier verwendeten gebräuchlichen sei nachfolgend übersichtlich dargestellt:

Tafel I, Fig. 8). In der Regel hat $c$ den Umriß eines wenig von einem Rechteck abweichenden Rhombus oder Parallelogrammes, dessen spitzer Winkel $\zeta$ etwa 87° beträgt (10 Messungen zwischen 85,5° bis 89°)[1]. Die Ecken sind meist abgestumpft durch Kanten von Flächen $b$ und $r$, die Bütschli als seitliche Endfläche (010) bezw. als positives Hemidoma $(10\bar{1})$ deutet. Demnach müßten, wenn die Krystalle monoklin sind, die Winkel $\eta$ und $\eta'$ (Fig. 4A) einander gleich sein. In der Tat ergaben neun Messungen für beide Winkel übereinstimmende Werte von 133° bis 134°. Es ist also $b(010)$ die Symmetrieebene (als $S$ in Fig. 4A gesondert angedeutet). Wegen der fast stets sehr flach tafelartigen Ausbildung meiner Krystalle und ihrer rasch einsetzenden Zerstörung konnte ich ein ganz sicheres Urteil über die am Rande der Basis auftretenden Flächen nicht gewinnen. Am häufigsten schienen mir die Flächen $c(11\bar{1})$, $b(010)$ und $r(10\bar{1})$ zu sein (Fig. 4B[2])), vergl. auch Tafel I, Fig. 8.

Fig. 4A und B.




Die meisten Krystalle zeigten zwischen gekreuzten Nicols in keiner Stellung völlige Dunkelheit. Im convergenten Lichte erschien dann am unteren Rande des Gesichtsfeldes der Austritt einer optischen Axe. Die optische Axenebene geht der Symmetrieebene $b$ parallel. Bei der Prüfung mit dem Gypsplättchen erwies sich die Richtung parallel der seitlichen Endfläche als die des größeren Brechungsindex. Seltener fanden sich auch Krystalle mit lebhaften Polarisationsfarben 2. bis 3. Ordnung und deutlicher Auslöschung. Je nach der Lage der Tafelfläche dieser meist länger als breit ausgebildeten Krystalle zur Tischebene schwankte die Auslöschungsschiefe bei 26 Messungen zwischen 1,5° bis 12,5° nach links. Da nun Winkel kleiner als 5° nur dreimal, Winkel zwischen 6° und 11° nur sechsmal vorkamen, dagegen Winkel von 5° bis 6° siebenmal, solche von 11°

---

Bütschlis $p = c = (001)$,
" $b' = o = (11\bar{1})$,
" $o = b = (010)$,
" $c = r = (10\bar{1})$; ferner entspricht:
" $< \beta = < \zeta$.

1) Bütschli für Krystalle $c$: $\beta = \zeta = 86{,}9°$.

2) Fig. 4B nur annähernd, dem Augenscheine entsprechend entworfen; Winkel $\delta$ beträgt etwa 67°—72°.

bis 12,5° aber zehnmal gemessen wurden, so ist kaum anzunehmen, daß diese Krystalle nach *c* tafelig, vielmehr wahrscheinlicher, daß sie nach *o*, bezw. *b* ausgebildet waren. Leider war es mir wegen der Seltenheit dieser und wegen des raschen Zerfalles aller Krystalle unmöglich, genügend sichere Anhaltspunkte für die Bestimmung des Charakters der Doppelbrechung zu gewinnen. Die Lichtbrechung ist gering, kaum höher als die des Canadabalsams, die Doppelbrechung bedeutend schwächer als die des Kalkspates, aber stärker als die des Quarzes.

Die Krystalle sind außerordentlich unbeständig. Die mikroskopische Untersuchung konnte nur dann etwa eine Stunde lang am gleichen Materiale fortgesetzt werden, wenn der Objectträger von Zeit zu Zeit (etwa alle Viertelstunden) von neuem durch Eis gekühlt wurde.

Am beständigsten waren die Krystalle in der auf 0° abgekühlten Mutterlauge. Sie blieben darin am Boden 2—5 Tage lang ziemlich unverändert, nach acht Tagen waren jedoch nur noch wenige vorhanden, die auch schon weit vorgeschrittene Zersetzung zeigten. Bei 12° hielten sich die Krystalle nur etwa 24 Stunden in der Mutterlauge, bei 20° war nach 4—5 Stunden alles zersetzt. In reinem Wasser war die Verbindung unter sonst gleichen Bedingungen nur etwa halb so lange beständig. Die Zerfallsproducte waren sowohl Rhomboëder, als auch schlecht radialfaserige Aggregate, nur zuweilen fast vollkommene Sphärolithe, höchstwahrscheinlich der Vaterschen Modification, deren negative Doppelbrechung sehr deutlich beträchtlich niedriger war als die der meist kleineren Rhomboëder. Die Zersetzung begann meist mit dem Auftreten einer feinen, sich rasch vergröbernden Streifung, die sich bald in unregelmäßige Flecken auflöste. In diesen Streifen und Flecken traten zwischen gekreuzten Nicols nach kurzer Zeit kleine Rhomboëder und event. Sphärolithe deutlich hervor (s. Taf. I, Fig. 9). Manchmal bildeten sich auch statt vieler kleiner Streifen und Flecken einzelne größere höhlenartige Einbuchtungen, meist vom Rande her, sehr ähnlich den Corrosionserscheinungen am Hauyn usw., die sich zusehends erweiterten. In ihrer Mitte befanden sich einzelne größere wohlausgebildete Rhomboëder, die sich zwischen gekreuzten Nicols scharf von der dunklen Umgebung abhoben und sich rasch vergrößerten (vergl. Taf. I, Fig. 10). Diese Beobachtungen machen es unzweifelhaft, daß der Zerfall unter vorübergehender Auflösung der wasserhaltigen Substanz vor sich ging. Diese Auffassung wird auch dadurch bestätigt, daß sich nicht selten außerhalb der Umgrenzung der ursprünglichen Krystalle Rhomboëder oder (seltener) Sphärolithe bildeten, wie bereits Bütschli beobachtet hat[1]).

Im trockenen Zustande sowohl wie im Canadabalsam sind die Krystalle $CaCO_3 + 6H_2O$ noch weniger beständig. In Luft wurden sie in kurzer Zeit

1) a. a. O. S. 53.

trübe und undurchsichtig, veränderten jedoch ihre ursprüngliche Form im allgemeinen wenig. Dasselbe war im Canadabalsam der Fall; nur blieben sie hier ziemlich durchsichtig. Zwischen gekreuzten Nicols blieben sie nun gleichmäßig dunkel. Die Lichtbrechung war etwa ebenso stark wie die des Balsams. Vier Wochen später zeigten diese Zersetzungsproducte deutliche Zeichen weiteren Zerfalles, manche waren in mehrere größere oder unzählige winzige, unregelmäßige Bruchstücke zerfallen, andere hatten die Form annähernd bewahrt, zeigten aber rauhe, teilweise zerfressene Oberfläche und Begrenzung. Zwischen gekreuzten Nicols erwiesen sie sich nun als regellose dichte Aggregate von kleinen, der Form nach nicht bestimmbaren Körnchen. Dieses zweite Zerfallsproduct erwies sich bei der Prüfung mit *Co*-Lösung als Calcit. Nicht selten trat auch etwas wie faseriger bis radialfaseriger Bau auf, verbunden mit auffallend niedriger Doppelbrechung. Das erste Zersetzungsproduct stimmt vollkommen mit dem von Bütschli beschriebenen $CaCO_3 + H_2O$ nach Entstehungsweise und optischen Eigenschaften überein[1]).

Die ursprünglichen Krystalle $CaCO_3 + 6H_2O$ färben sich bei der Behandlung mit Cobaltlösung sehr schnell und dunkel rotviolett, fast carmin. Schon in lauwarmer Lösung trat Färbung ein und selbst durch Stehenlassen mit verdünnter Cobaltlösung bei 12° bis 15° nahmen die Krystalle in zwölf Stunden eine prächtige rosa Färbung an. Unter dem Mikroskope waren sie nun schön rosa und vollkommen isotrop. Bei erneuter Prüfung nach vier Wochen erwiesen diese sich noch völlig unverändert; erst nach weiteren vier Monaten begann ein allmählicher Zerfall dieser isotropen Gebilde in ein dichtes Haufwerk von unbestimmbaren, manchmal rhomboëderähnlichen, stark doppeltbrechenden Körnchen.

Die Mutterlauge, die von den Krystallen befreit acht Tage bei 0° stehen gelassen wurde, schied an der Oberfläche als dünne Haut oft dicht verfilzte, mehr oder weniger vollkommen strahlig aggregierte Nädelchen von 10 bis 50 $\mu$ Länge ab, die mit *Co*-Lösung gekocht, sich hellila färbten. Dies und ihre starke Doppelbrechung machte sie als Aragonit kenntlich. Vgl. Tafel I, Fig. 1 und 2. Wasserhaltiger Kalk bildete sich hierbei nicht.

Gleichfalls Aragonit, nur in etwa doppelt so großen Krystallen, Bündeln, und Krystallgruppen und in größerer Menge lieferte die Mutterlauge der Versuche 10 nach achttägigem Stehen bei 14°—15°. Vgl. Tafel I, Fig. 2 und 3. Drei Bestimmungen des spec. Gewichtes dieser nachträglichen Abscheidungen mit Thouletscher Lösung ergaben die Zahlen 2,805, 2,837 und 2,852; Werte, welche bestätigen, daß diese Niederschläge Aragonit sind.

1) a. a. O. S. 51.

Versuch 11. Bei 0° mit Calcitkeimen.

Erste Trübung nach 10—15 Minuten. Der Niederschlag gab die Aragonitreaction ziemlich gut. Unter dem Mikroskope: hauptsächlich Rhomboëder, oft gut ausgebildet, 7—30 $\mu$ Durchmesser, rhomboëderähnliche, bis ganz undefinierbare Krystallkörner, häufig zu Sphärolithoiden aggregiert. In geringerer Menge die tafeligen Krystalle des wasserhaltigen Kalkes und deren Bruchstücke, die zum Teil nach 4—5 Monaten in eng gedrängte Scharen winzigster, zwischen gekreuzten Nicols eben aufhellender Körnchen zerfallen sind. Vereinzelt traten hier prismatische Ausbildungsformen der tafeligen Krystalle auf.

Vereinzelt, in einem Falle jedoch aus unbekannten Gründen das wasserhaltige Calciumcarbonat vollständig verdrängend, sind zum Teil noch gut erhaltene Sphärolithe, von höchstens 25 $\mu$ Durchmesser, negativer, niedriger Doppelbrechung mit gutem Interferenzkreuz. Ergebnis: Calcit in Rhomboëdern und Sphärolithoiden, die tafeligen Krystalle des wasserhaltigen kohlensauren Kalkes, bezw. Vaters Modification in Sphärolithen. Von diesen ist zweifellos der Calcit, vielleicht auch die Vatersche Modification secundär aus $CaCO_3 + 6H_2O$ hervorgegangen.

Ein Teil der Fällung in der Mutterlauge zwei Wochen bei 14°—16° liegen gelassen, zeigte, wie zu erwarten, die Krystalle des gewässerten Kalkes nicht mehr, die Abscheidung glich der entsprechenden von Versuch 10 fast völlig, gab gleichfalls die Aragonitreaction, nur waren die Aragonitnadeln, Bündel usw. infolge der längeren Krystallisationszeit etwas größer und zum Teil dichter verwachsen.

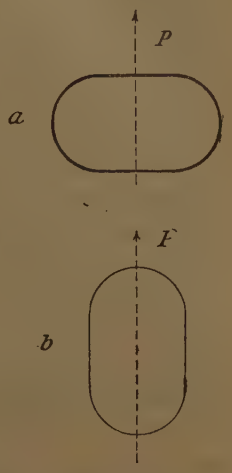
Versuch 12. Bei 11°—14° ohne Keime.

Hier gaben, aus mir unbekannten Gründen, vier der sieben Versuche dieser Reihe eine von den anderen abweichende Ausscheidung, trotz gleicher Versuchsbedingungen. Sie seien hier als 12b. gesondert von den drei anderen (12a) angeführt.

Versuch 12a. Erste Trübung nach 30—40 Minuten. Fast der gesamte Niederschlag hatte sich an der Wand und am Boden fest haftend angesetzt. Mit *Co*-Lösung färbte er sich nur blaßlila, enthielt also hauptsächlich Calcit. Unter dem Mikroskope: Globigerinenartig oder semmelförmig verwachsene Spärolithe und Axiolithe (vgl. Tafel I, Fig. 4 und 5), 20—50 $\mu$ Durchmesser, lebhafte Polarisationsfarben, gutes Interferenzkreuz. Der sehr stark negative Charakter der Doppelbrechung konnte übrigens hier wie in allen anderen Fällen, wo Axiolithe auftraten, nicht nur zwischen gekreuzten Nicols, sondern auch bei Anwendung des Polarisators allein am wechselnden Reliefe bei Drehung des Tisches bestimmt werden. Lag die Längsaxe der Axiolithe senkrecht zur Schwingungsrichtung des polarisierten Strahles (parallel der Polarisationsebene), so hob sich der Axiolith deutlich

aus dem umgebenden Balsam heraus (Fig. 5a), während bei Drehung des Tisches um 90° die Umgrenzung fast völlig verschwand (Fig. 5b). Im ersteren Falle durcheilt ihn das Licht (im wesentlichen) als senkrecht zur Hauptaxe der Fasern schwingender ordinärer Strahl, im zweiten Falle als extraordinärer Strahl. Das wechselnde Relief zeigt, daß $\varepsilon < \omega$, wobei $\varepsilon$ wenig verschieden von dem Brechungsindex des Balsams, $n = 1{,}54$ ist.

Fig. 5a und b.




Manche Axiolithe enthalten einen, besonders nach der Behandlung mit *Co*-Lösung dunkleren, rundlichen oder ovalen kleinen Kern, der anscheinend ganz oder fast ganz isotrop ist. Siehe Tafel I, Fig. 6 und 7. Sollte dieser Kern ein noch nicht ganz umgewandelter Rest der sehr unbeständigen isotropen Modification des $CaCO_3$ sein?

Außer diesen Axiolithen fanden sich in einem der Versuche höchstens 20 % spindelförmige Nadeln, einheitlich gerade auslöschend, in allen Übergängen bis zu radialfaserigen Sphärolithen von 10—50 $\mu$ Durchm. Doppelbrechung negativ, ziemlich niedrig. Nach der Meigenschen Reaction waren diese gelblichrosa gefärbt, während die Axiolithe (mit Ausnahme der Kerne) farblos blieben. Ergebnis: Calcit in Axiolithen und Sphärolithen; hierzu einmal wenige Sphärolithembryonen und Sphärolithe der Vaterschen Phase.

Versuch 12b. Erste Trübung nach etwa 20 bis 60 Minuten. Aragonitreaction sehr gut. Unter dem Mikroskope: neben sehr kleinen, zum Teil rhomboëderähnlichen Körnchen, die nur vereinzelt auftraten und vielleicht secundärer Entstehung waren, jene tafeligen Krystalle, des $CaCO_3 + 6\,H_2O$, wie bei den Versuchen 10 und 11, 60—250 $\mu$ größte Länge. Die vier Versuche der Reihe 12b. zeigen also, daß der gewässerte Kalk sich auch bei mittleren Temperaturen bilden kann. Wahrscheinlich ist er auch in den drei Versuchen der Reihe 12a. ursprünglich gebildet, aber aus unbekannter Ursache schon bis zur Beendigung des Luftdurchsaugens wieder völlig zerfallen.

Nach zweiwöchentlichem Stehenlassen der Mutterlauge war als nachträgliche Abscheidung Aragonit ausgefallen, im wesentlichen von der gleichen Ausbildung, wie die nachträglichen Abscheidungen der Versuche 10 und 11. Der am Boden des Becherglases abgeschiedene Teil der Aragonit-Sphärolithe zeigte rauhe, unregelmäßig gekerbte Umgrenzung, während die Sphärolithe von der Oberfläche der Lösung mit langen Stacheln besetzt waren. Sie bilden eng verfilzte Aggregate, die wie eine Haut in der Mitte der Oberfläche schwimmen, nie bis zur Wand des Gefäßes reichen. Die Abscheidung

von 12a. war hierin der von 12b. gleich. In jener fanden sich außerdem unveränderte Axiolithe und Sphärolithe von Calcit vor, in dieser waren die tafeligen Krystalle des wasserhaltigen Calciumcarbonates nicht mehr vorhanden.

### Versuch 13. Bei 13° mit Calcitkeimen.

Erste Trübung nach zehn Minuten. Der Niederschlag gab die Aragonitreaction nicht. Unter dem Mikroskope: Sphärolithe und Axiolithe, 20—40 $\mu$ Durchmesser, genau wie bei Versuch 12a. beschrieben. Spindeln usw., oder Krystalle des wasserhaltigen Kalkes waren nicht zu finden. Hier hat also die Anwesenheit der Calcitkeime die Ausscheidung dieser Gebilde verhindert oder ihre Umwandlung in Calcit noch während des Versuches verursacht. Die Keime heben sich als kleinere und größere Spaltungsrhomboëder, zuweilen mit deutlicher Zwillingsbildung nach der Gleitfläche {110} deutlich vom Niederschlage ab. Bemerkenswert ist, daß sich um einige größere Keime ein farbloser, radialfaseriger Rand angesetzt hat, 10—20 $\mu$ breit, an granophyrische Fortwachsung von Sanidinen in jüngeren Eruptivgesteinen erinnernd. Ergebnis: Calcit in Form von Sphärolithen und Axiolithen, Vgl. Tafel I, Fig. 4 und Fig. 5 auf S. 77.

Nach zweiwöchentlichem Liegen in der Mutterlauge hatte sich die ursprüngliche Fällung nicht verändert. Als neue Abscheidung hatte sich, wie bei Versuch 10—12, Aragonit in der beschriebenen Form gebildet.

### Versuch 14. Bei 16°—17° mit Aragonitkeimen.

Erste Trübung nach etwa zehn Minuten. Aragonitreaction ziemlich gut. In recht wechselndem Mengenverhältnisse bei den einzelnen Wiederholungen dieser Versuchsreihe finden sich unter dem Mikroskope[1]) (bei starker Vergrößerung) Sphärolithe, 5—20 $\mu$ groß, Doppelbrechung niedrig und negativ. Manche sind noch wohlerhalten und zeigen das Interferenzkreuz gut ausgebildet. Andere, von feinen radialen Spalten durchsetzt, zeigen das Kreuz weniger deutlich. Es finden sich alle Übergänge von Sphärolithen bis zu Sphärolithoiden, regellosen, rundlichen Haufwerken aus sandkornähnlichen, nicht näher bestimmbaren, ziemlich stark doppeltbrechenden Körnern von 1—10 $\mu$ Durchmesser. Ferner in geringer Menge spindelförmige Nadeln, 10—20 $\mu$ lang, und desgleichen Bündel, vereinzelt auch sternförmige Aggregate, Sphärolith-Embryonen (vgl. Tafel I, Fig. 1), mit ziemlich schwacher negativer Doppelbrechung. Bei einem Versuche dieser Reihe traten überdies noch etwa 15% eiförmige bis ameiseneierähnliche Körner von 15—30 $\mu$ Länge auf, welche zwischen gekreuzten Nicols lebhafte Polarisationsfarben und fast einheitliche Auslöschung in der Längs- und Querrichtung zeigten. Von diesen genannten Abscheidungen heben sich

1) 2½ Monate später untersucht.

die splitterigen, meist bedeutend größeren Bruchstücke der Aragonitkeime deutlich ab. Sie sind vielfach von den erwähnten kleinen Körnchen umgeben, Sphärolithe scheinen sich jedoch nicht auf ihnen angesiedelt zu haben. Ergebnis: Vaters Modification in negativ-doppeltbrechenden Sphärolithen usw., Calcit, wahrscheinlich secundär, in Sphärolithoiden aus winzigen Körnchen. Die eben erwähnten ersten Zeichen der Umwandlung der Vaterschen Modification in Calcitsphärolithoide, jene feinen radialen Spalten sind offenbar auf die Entstehung und teilweise Auslösung von Spannungen zu Beginn der Paramorphose zurückzuführen, wie sie G. Linck[1]) bereits an größeren und kleineren Sphärolithen beobachtet hat. Von diesen Spalten aus muß die Umwandlung in richtungslos körnigen Calcit nach beiden Seiten fortschreiten, es muß also das für den ursprünglichen radialen Bau charakteristische Interferenzkreuz mehr und mehr verschwinden. In der Tat konnte ich Übergangsstufen mit undeutlichem oder nur noch in bestimmten Stellungen sichtbarem Interferenzkreuze beobachten. Diese halb umgewandelten Sphärolithe zeigen dann einen Bau, welcher ungefähr der »Spindelstructur« der Ooide Kalkowskys[2]) entspricht.

### Versuch 15. Bei 15°—17° ohne Keime.

Ähnlich wie bei Versuch 12 haben sich bei zwei Versuchen dieser Reihe aus unbekannten Gründen andere Niederschläge gebildet, als bei den sechs übrigen. Jene sollen als 15b. den letzteren (15a.) folgen.

Versuch 15a. Erste Trübung nach 20—70 Minuten. Der Niederschlag gab die Argonitreaction nicht oder nur sehr schwach: es war also mindestens die Hauptmenge Calcit. Unter dem Mikroskope: Sphärolithe und Axiolithe von Calcit wie bei 12a. und 13. beschrieben, 15—60 $\mu$ größter Durchmesser, oft globigerinenartig gesellt. (Vgl. Tafel I, Fig. 4 und 5.) Außerdem vereinzelt kurze Prismen mit zugespitzten Enden (Skalenoëder?) mit hoher negativer Doppelbrechung und einheitlich gerader Auslöschung, ferner regellose, zuweilen brombeerähnliche Aggregate (Sphärolithoide?) von 6—20 $\mu$ messenden, rhomboëderähnlichen Körnchen. In einem Falle überdies schlecht ausgebildete, 10—25 $\mu$ messende, ziemlich schwach negativ doppeltbrechende Sphärolithe.

Nach der Behandlung mit Cobaltlösung sind die Prismen, rhomboëderähnlichen Körner, Sphärolithe und Axiolithe farblos geblieben, letztere beiden enthalten jedoch häufig einen dunkleren Kern (ähnlich wie auf Tafel I, Figur 6 und 7). Ergebnis: Calcit in Form von Sphärolithen, Axiolithen,

---

1) G. Linck, Über die Bildung der Oolithe und Rogensteine. Jenaische Zeitschr. f. Naturw. 1909, **45**, 267—278, S. 270 ff.

2) E. Kalkowsky, Oolith und Stromalith im norddeutschen Buntsandsteine. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1908, **60**, 68—125, S. 76 ff.

kurzen Prismen und rhomboëderähnlichen Körnern; in einem Falle überdies Sphärolithe der Vaterschen Modification.

Versuch 15b. Zwei Versuche ergaben unter gleichen Versuchsbedingungen als Hauptabscheidungen die tafeligen Krystalle des gewässerten kohlensauren Kalkes, daneben in geringer Menge Calcit in der unter 15a. beschriebenen Form. Somit kann der $CaCO_3 + 6H_2O$ selbst bei 17° auftreten. Die Beimengung von Calcit ist vermutlich auf eine schon während der Versuche eingetretene Zersetzung eines Teiles der Krystalle zurückzuführen, die ja bei der angegebenen Temperatur schon recht schnell vor sich geht. Nach diesem Ergebnisse ist es nicht unwahrscheinlich, daß auch die Niederschläge von 15a. aus ursprünglich gebildetem $CaCO_3 + 6H_2O$ entstanden, also secundär sind. Warum aber, wenn diese Annahme richtig ist, der Zerfall der Krystalle bei 15a. soviel schneller geschehen ist als bei 15b., ist vorläufig nicht zu entscheiden.

Zwei weitere Versuche derselben Art, deren Niederschläge erst am folgenden Morgen von der Mutterlauge getrennt werden konnten, mögen hier noch als 15c. angefügt werden.

Versuch 15c. Der an der Wand und am Boden des Kölbchens haftende Anteil gab die Aragonitreaction nicht; der suspendiert gebliebene Anteil dagegen wurde hellviolett. Unter dem Mikroskope[1]): enthielt jener Teil Calcitsphärolithe und Axiolithe wie 15a, und nur sehr untergeordnet garbenförmige Bündel nadeliger Krystalle von 25—60 $\mu$ Länge, mit hoher negativer Doppelbrechung. Der suspendierte Anteil enthält die gleichen Formen, aber in umgekehrtem Verhältnisse. Außerdem stachelige, nicht sehr vollkommen ausgebildete Sphärolithe von hoher Doppelbrechung, bei denen das Interferenzkreuz nur am Rande angedeutet ist (vgl. Tafel I, Fig. 2). Nach der Behandlung mit *Co*-Lösung sind die Bündel und letztgenannten Sphärolithe unter dem Mikroskope schwach rosa gefärbt, die Axiolithe usw. farblos geblieben bis auf einen häufig vorhandenen dunkleren Kern. Vergleicht man die Niederschläge von 15c. mit denen von 15a., so ergibt sich: die Calcit-Sphärolithe und Axiolithe sind ursprüngliche Abscheidung[2]), die stacheligen Sphärolithe und Bündel sind Aragonit, der sich als nachträgliche Ausscheidung infolge des Stehenlassens der Lösung durch langsame Zersetzung des am Ende des Versuches noch vorhandenen Bicarbonates gebildet hat.

### Versuch 16. Bei 17° mit Calcitkeimen.

Nur ein Versuch dieser Art. Erste Trübung nach etwa sieben Minuten. Keine Aragonitreaction. Unter dem Mikroskope: regellose, meist annähernd

1) Drei Tage später untersucht, nach weiteren drei Monaten unverändert.

2) Allerdings höchstwahrscheinlich auch schon secundär aus wasserhaltigem Calciumcarbonat hervorgegangen.

rundliche Aggregate von sehr kleinen, 1—4 $\mu$ messenden unbestimmbaren Körnern, die sich gern um die Keime häuften. Sie sind wahrscheinlich als Sphärolithoide aufzufassen, denn neben ihnen finden sich in geringer Menge (ca. 10%) zerfallene Sphärolithe von 8—12 $\mu$ Durchmesser, welche zum Teil noch Spuren des Interferenzkreuzes zeigen und vielfach von Spalten durchzogen sind. Somit hatten die Keime offenbar beschleunigend auf den Übergang ursprünglich wahrscheinlich vorhandener Sphärolithe in Sphärolithoide gewirkt, und entweder die Bildung von wasserhaltigem Kalke ganz verhindert oder seinen raschen Zerfall verursacht.

### Versuch 17. Bei 17°—18° mit Aragonitkeimen.

Erste Trübung nach etwa zehn Minuten. Die Niederschläge dieser Versuchsreihe gaben die Aragonitreaction durchweg gut; doch war das Mengenverhältnis der verschiedenartigen Abscheidungen bei den einzelnen Versuchen nicht konstant. Unter dem Mikroskope[1]): unregelmäßige, 1—7 $\mu$ messende, sandkornähnliche Körner, regellos, zuweilen zu Sphärolithoiden gelagert, welch letztere hier und da noch Spuren des Interferenzkreuzes zeigen. In geringerer Menge echte, wohlerhaltene Sphärolithe von etwa 12 $\mu$ Durchmesser, mit schwacher negativer Doppelbrechung. Vereinzelt außerdem kleine spindelförmige Bündel, gleichfalls schwach negativ doppelbrechend. Ergebnis: secundärer Calcit in Sphärolithoiden, und Vaters Modification in negativ doppeltbrechenden Sphärolithen.

### Versuch 18. Bei 17°—18° ohne Keime.

Erste Trübung nach 20—30 Minuten. Der an Wand und Boden der Kölbchen ziemlich fest haftende Niederschlag wurde mit *Co*-Lösung schmutzig-lila. Unter dem Mikroskope: Ameiseneierähnliche, rundliche, ovale, auch wohl quittenförmige Sphärolithe und Axiolithe, 20—100 $\mu$ Durchmesser, zuweilen mit dunklerem Kerne. Hierzu ca. 10—15% spindel-, garben- und sternförmige, auch halbrunde radialfaserige Bündel und nicht sehr vollkommen ausgebildete Sphärolithe, 10—30 $\mu$ messend, Licht- und Doppelbrechung gering, letztere negativ. Nach der Meigenschen Reaction bräunlichgelb und trübe. Ergebnis: Calcit in Axiolithen und (weniger) Vaters Modification in Bündeln usw. von negativer Doppelbrechung.

Bei einem der drei Einzelversuche dieser Reihe war ein Teil der Fällung, bei Beendigung des Versuches, in der Lösung suspendiert geblieben. Dieser Anteil gab die Aragonitreaction ausgezeichnet. Unter dem Mikroskope: dichte Haufwerke und einzeln gelagerte Bündel und Sphärolithe, etwas größer als die eben erwähnten, sonst ihnen gleich. Sphärolithe und Axiolithe der ersten Art nur in sehr geringer Menge.

---

1) 1 Monat später untersucht.

### Versuch 19. Bei 18° mit Calcitkeimen.

Ergebnis im wesentlichen gleich dem von Versuch 16.

### Versuch 20. Bei 29° ohne Keime.

Erste Trübung nach 20—30 Minuten. Der Niederschlag hatte sich ziemlich reichlich und fest haftend am Boden und an der Wand der Kölbchen abgesetzt. Aragonitreaction ziemlich gut. Unter dem Mikroskope: 20—60 $\mu$ messende Calcitsphärolithe und Axiolithe, vereinzelt in Übergängen zu fast einheitlich auslöschenden, kurzprismatischen Krystallkörnern. Daneben in wechselnden Mengen garbenförmige Bündel und radialfaserige Sphärolithe, 15—80 $\mu$ im Durchmesser, mit gekerbtem, zackigem Rande, ziemlich gutem Interferenzkreuze und ziemlich hoher negativer Doppelbrechung, nach der Behandlung mit Cobaltlösung unter dem Mikroskope gelblichrosa gefärbt. Ergebnis: Calcit in Sphärolithen und Axiolithen, und Aragonit in Garben und Sphärolithen.

Einer der fünf Versuche dieser Reihe wurde schon nach $\frac{5}{4}$ Stunden unterbrochen. Hier war ein kleiner Teil des Niederschlages noch in der Lösung suspendiert geblieben. Er gab die Aragonitreaction in ausgezeichneter Weise. Unter dem Mikroskope: dichtgedrängte, keilförmige Bündel, sternförmige Aggregate und radialfaserige Sphärolithe von 30—100 $\mu$ Durchmesser. Der am Boden und an der Wand haftende (größere) Anteil des Niederschlages gab gleichfalls gute Aragonitreaction. Neben Aragonit enthielt er in etwas geringerer Menge Calcitsphärolithe und Axiolithe.

Bei dieser Temperatur (29°) tritt also zum ersten Male bei rascher Abscheidung aus bicarbonathaltigem Meerwasser typischer Aragonit auf, ähnlich wie aus reiner Bicarbonatlösung (vgl. Versuch 5 und 6). Ob er primär, oder secundär durch Umwandlung einer metastabilen Phase entstanden ist, läßt sich freilich vorläufig nicht entscheiden.

### Versuch 21. Bei 29° mit Calcitkeimen.

Nur ein Versuch. Erste Trübung nach 10—15 Minuten. Der Niederschlag wurde mit *Co*-Lösung aufgekocht nur schwach schmutziglila. Der Niederschlag[1]) glich im wesentlichen dem des Versuches 16, nur sind die zerfallenen Sphärolithe (Sphärolithoide) etwas größer, ca. 15 $\mu$, und zahlreicher. In sehr geringer Menge außerdem kleine Bündel und sternförmige Aggregate mit hoher Doppelbrechung, daher wahrscheinlich Aragonit.

Wie zu erwarten war, ist die Hauptmenge Calcit. Auffallend bleibt immerhin, daß nicht alles als Calcit abgeschieden worden ist, umsomehr, als man annehmen sollte, daß bei der hier angewendeten höheren Temperatur die Umwandlungsgeschwindigkeit der metastabilen Phasen größer werde.

---

1) Nach 6 Wochen untersucht.

Versuch 22. Bei 34,5°—35,5° ohne Keime.

Erste Trübung nach etwa 15 Minuten. Der Niederschlag wurde mit *Co*-Lösung violett. Er enthält ovale, fast einheitlich auslöschende Körner und Axiolithe von 20—80 $\mu$ Länge mit starker negativer Doppelbrechung. Wechselndes Relief sehr deutlich bei Drehung des Tisches (vgl. Fig. 5 S. 77). Ferner: spindel-, auch plattgedrückt zwiebelförmige und desminähnliche Bündel mit häufig zerfaserten Enden (vgl. Tafel I, Fig. 2), sternförmige Sphärolithembryonen und radialfaserige Sphärolithe von 30—100 $\mu$ Durchmesser, mit hoher, negativer Dopkelbrechung und im allgemeinen ziemlich schlechtem Interferenzkreuze oder dessen Teilen. Nach der Behandlung mit *Co*-Lösung enthalten die Bündel und Sphärolithe zum Teil einen dunkleren, braun bis (bei kleineren) carminrosa gefärbten Kern, umgeben von einem rosafarbigen bis fast farblosen Rande. Da allem Anscheine nach die Doppelbrechung des Randes höher ist als die des Kernes (soweit dies festzustellen war), so kann der Rand nur Aragonit sein, während der Kern vielleicht noch den Rest einer früheren Ausscheidung (Vaters Modification?) darstellt.

Es war von Interesse zu erfahren, ob die Gegenwart eines Ammonsalzes im Meerwasser einen Einfluß auf die Abscheidung des kohlensauren Kalkes ausübe. Ich stellte daher folgende Versuche an:

**IIa. Versuche mit Bicarbonat-haltigem Meerwasser, welches 2,03 g $(NH_4)_2SO_4$ in 1 l enthielt.**

Versuch 23. Bei 13°—14° ohne Keime.

Erste Trübung nach 30—40 Minuten. Der Versuch wurde vierma wiederholt. In drei Fällen war am Schlusse des Versuches der gesamte Niederschlag am Boden und an der Wand der Kölbchen so fest abgesetzt, daß er nur schwer ohne Beschädigung des Gefäßes zu entfernen war. In zwei von diesen Fällen gab der Niederschlag nicht die Spur einer Aragonitreaction, im dritten wurde er ganz schwach lila. Nur im vierten Falle war trotz gleicher Versuchsdauer noch ein kleiner Teil der Fällung in der Lösung suspendiert geblieben und wurde, wie der an der Wand haftende Hauptanteil, mit *Co*-Lösung hellviolett.

In den drei ersten Fällen enthält der Niederschlag nur Calcit-Sphärolithe und Axiolithe von 20—60 $\mu$ Länge in der üblichen Ausbildung. Im dritten Falle enthalten einige Sphärolithe einen, besonders nach der Behandlung mit Cobaltlösung deutlich hervortretenden, winzigen dunklen Kern, während alles übrige farblos geblieben ist. Im vierten Falle sind zwar gleichfalls Sphärolithe und Axiolithe zu beobachten, doch enthalten viele von ihnen eine farblose Außenzone neben einem schwach gelblichen, nach der Behandlung mit *Co*-Lösung rosa gefärbten, fast isotropen Kerne. Siehe

Tafel I, Fig. 6 und 7. Außerdem, und zwar vereinzelt in dem an der Wand haftenden Hauptanteile, bei weitem überwiegend (ca. 90%) in dem suspendiert gebliebenen geringeren Teile des Niederschlages treten in diesem vierten Falle kleine, höchstens 15 $\mu$ lange und 4 $\mu$ breite, spindelförmige Krystallkörner auf, deren selten einheitliche, in der Regel Teile des Interferenzkreuzes zeigende gerade Auslöschung beweist, daß sie trotz ihrer Kleinheit schon Krystallbündel sind. Vergl. Fig. 3 S. 68. Doppelbrechung niedrig, negativ, Lichtbrechung gering. Nicht selten sind sie zu sternförmigen Sphärolithembryonen gruppiert.

Ich konnte nicht ermitteln, worin die Gründe für die Verschiedenheit des vierten Falles gegenüber den drei anderen Fällen liegen. Doch lag auch kein triftiger Grund vor, diesen Fall auszuscheiden. Darum ist er hier angeführt worden als ein weiterer Beleg für die häufige Erfahrung, daß ganz geringfüge Ursachen eine sehr verschiedene Ausbildungsweise oder sehr verschieden große Umwandlungsgeschwindigkeit des Calciumcarbonates zur Folge haben können.

Ergebnis: Calcit in ovalen Körnern und Axiolithen, zum Teil mit dunklem Kerne, ein Hinweis auf die wahrscheinlich secundäre Entstehung des Calcits; in einem Falle überdies Vaters Modification mit negativer Doppelbrechung.

Die Krystalle des wasserhaltigen Kalkes wurden nicht beobachtet. Es ist trotzdem nicht unmöglich, daß sie gelegentlich, wie bei den Versuchen 12b auftreten könnten.

Der Vergleich dieser Versuche 23 mit denen von 12a lehrt, daß ein Einfluß der hier angewendeten Mengen des Ammonsalzes auf die Abscheidungsart des Calciumcarbonates nicht festgestellt werden kann.

Nach zweiwöchigem Stehenlassen der Mutterlauge bei Zimmertemperatur hatte sich auf der Oberfläche der Lösung wie auf dem Boden des Gefäßes eine nachträgliche Abscheidung gebildet, die durchaus den entsprechenden Abscheidungen der Versuche 9—13 und 15 glich, d. h. Aragonit in der üblichen Form war. Ein Einfluß des Ammonsalzes konnte hier auch bei langsamer Abscheidung nicht beobachtet werden. Vergl. jedoch Versuch 25.

Versuch 9—13, 15 und 23 hatten also bei Zimmertemperatur und langsamer, freiwilliger Zersetzung des noch vorhandenen Bicarbonates übereinstimmend als nachträgliche Abscheidung Aragonit ergeben. Die betreffenden Lösungen waren zwar nicht mehr mit $CO_2$ und Bicarbonat gesättigt, wohl aber inbezug auf das Monocarbonat noch stark übersättigt. Im Hinblicke auf ähnliche Versuche von Linck (Versuch 7)[1]) war es von Interesse, wie sich Meerwasser, das noch mit $CO_2$ und Bicarbonat gesättigt war, bei freiwilliger Verdunstung verhalten würde. Ich stellte daher noch folgende Versuche an:

---

1) G. Linck, Die Bildung der Oolithe und Rogensteine, a. a. O. S. 502 f.

Versuch 24. Bei 10°. Freiwillige, langsame Abscheidung des $CaCO_3$ aus bicarbonathaltigem Meerwasser.

100 cm³ Meerwasser, welches auf die oben[1]) angegebene Weise mit Bicarbonat gesättigt war, wurden mittelst einer Pipette entnommen und durch ein doppeltes Faltenfilter in ein 200 cm³ fassendes Becherglas einlaufen gelassen. Dies wurde mit Filtrierpapier lose bedeckt an einem geschützten Orte im Keller bei 10° stehen gelassen. Nach 24 Stunden beobachtete ich eine zarte, häutige Abscheidung an der Oberfläche der Lösung und eine kaum sichtbare am Boden. Nach 14 Tagen wurde der Niederschlag untersucht. Der Bodensatz, ebenso wie die ziemlich reichliche Abscheidung an der Oberfläche gaben die Aragonitreaction sehr gut. Letztere besteht aus einer dicht verfilzten Häufung von blumenkohlähnlichen, annähernd radialgefaserten Büscheln aus ziemlich stumpfen, breiten Nadeln von 15—100 $\mu$ Länge und 8—30 $\mu$ Breite mit hoher Doppelbrechung. Nach der Meigenschen Prüfung waren die Büschel unter dem Mikroskope weingelbrosa gefärbt. Der Niederschlag am Boden enthielt die gleichen, im allgemeinen etwas regelmäßiger radialfaserigen Aggregate, außerdem aber in größerer Menge unregelmäßig begrenzte Krystallkörner von 2 $\mu$ bis zu 100 $\mu$ Durchmesser, oft wie aus wendeltreppenartig verwachsenen Rhomboëdern oder Skalenoëdern gebildet. Vereinzelt auch rhomboëderähnliche kleinere Körner, alle von hoher Doppelbrechung. Diese Krystallkörner blieben mit *Co*-Lösung farblos.

Somit war hier Aragonit und Calcit zugleich entstanden, wenn auch vielleicht nicht gleichzeitig. Eine Ausscheidungsfolge habe ich jedoch nicht beobachtet.

Linck hat bei ähnlichen Versuchen nur Calcit erhalten. Der Grund für den Unterschied zwischen Lincks Ergebnis und dem meinigen könnte in der Verschiedenheit der Temperaturen (Linck 17°, mein Versuch 10°) oder in einer Verschiedenheit der Concentrationen gesucht werden. Beides erscheint mir wenig wahrscheinlich, da gelegentlich der Versuche 9—13 und 15 bei geringerer Concentration und höherer Temperatur (14°—17°) sogar nur Aragonit entstanden war. Es müssen daher noch weitere Untersuchungen Klarheit bringen über die Umstände, welche im einen Falle Calcit, in anderen Fällen nur Aragonit und in dem eben beschriebenen Falle beide Modificationen nebeneinander haben entstehen lassen.

Zum Vergleiche mit Versuch 24 wurde unter gleichen Bedingungen angestellt: Versuch 25.

---

1) S. 61 f.

Versuch 25. Bei 10° freiwillige, langsame Abscheidung des $CaCO_3$ aus Bicarbonat-haltigem Meerwasser, welches 2,03 g $(NH_4)_2SO_4$ auf 1 l enthielt.

An der Wand und am Boden hatte sich nach 14 Tagen ein ziemlich reichlicher, feinkrystalliner Niederschlag gebildet, welcher, nach Meigen behandelt, fast farblos blieb. Unter dem Mikroskope: unregelmäßig gestaltete, zuweilen rundliche, regellose Aggregate von 4—12 $\mu$ großen, rundlichen, eckigen oder eiförmigen Krystallkörnern mit hoher Doppelbrechung. Überdies etwa 30% 5—30 $\mu$ lange spindelförmige, ziemlich stark negativ doppelbrechende Nadeln. Auslöschung gerade, aber im allgemeinen nicht einheitlich, sondern wie in Fig. 3 S. 68 angedeutet. Nach der Meigenschen Reaction treten sie an Menge gegen vorher stark zurück. An der Oberfläche der Lösung dagegen hatte sich eine ziemlich dichte Haut aus blumenkohlähnlichen Aggregaten von Aragonit gebildet, wie bei Versuch 24.

Es scheint also, daß bei langsamer Krystallisation eine, wenn auch geringe Beimengung von $(NH_4)_2SO_4$ zum Meerwasser die Bildung von Calcit begünstige. Daß bei rascher Abscheidung wie oben Versuch 23 S. 84 erwähnt, ein solcher Einfluß nicht zu beobachten ist, ist nicht zu verwundern, da nach Vater[1]) »der Einfluß der Lösungsgenossen (auch inbezug auf ihren Schwellenwert) um so größer ist, je langsamer der Krystall wächst.«

### III. Versuche mit Bicarbonat-haltigen Lösungen von 1,56 g $CaSO_4$ in 1000 g Wasser.

Versuch 26. Bei 15° mit Aragonitkeimen.

Erste Trübung nach 5—10 Minuten. Keine Aragonitreaction (abgesehen von den lilagefärbten Keimen). Unter dem Mikroskope: einige Rhomboëder, hauptsächlich aber nicht näher bestimmbare eckige oder rundliche Krystallkörner von 3—30 $\mu$ Durchmesser, vielleicht Combinationen von {100} mit steileren Rhomboëdern oder Skalenoëdern. Doppelbrechung stark, Auslöschung einheitlich und, soweit bestimmbar, gerade. Die Körner vielfach zu regellosen, rundlichen oder mehreckigen Aggregaten von ca. 40 $\mu$ Durchmesser gesellt. Daneben splitterige Keime, oft von Körnchen oder deren Aggregaten bedeckt. Ergebnis: Calcit in einheitlichen Körnern.

Versuch 27. Bei 12° ohne Keime.

Erste Trübung nach 20 Minuten. Keine Aragonitreaction. Unter dem Mikroskope: gerundete, auch zuweilen sechseckige Körner, 15—60 $\mu$ Durchmesser, anscheinend unvollkommen ausgebildete Rhomboëder und Combinationen dieser Form mit steileren Rhomboëdern oder Skalenoëdern. Etwa ebensoviel rundliche Aggregate, 15—60 $\mu$, von denen einzelne deutlich

1) Diese Zeitschr. **30**, 500.

radial gefasert sind, doch sind Teile eines unvollkommenen Interferenzkreuzes nur in bestimmten Stellungen zu sehen. Doppelbrechung stark.

Das Ergebnis der Versuche 26 und 27 ist also Calcit, wie bei den entsprechenden Versuchen 2—4 mit reiner Bicarbonatlösung. Ob die erste Ausscheidung des $CaCO_3$ Calcit war, oder ob dieser erst secundär entstanden ist, wie man aus dem Auftreten der teilweise radialfaserigen Aggregate des Versuches 27 vermuten könnte, muß vorläufig unentschieden bleiben.

Die Mutterlaugen der Versuche 26 und 27 wurden zwei Wochen lang bei Zimmertemperatur mit Watte bedeckt stehen gelassen. Der hauptsächlich am Boden abgesetzte Niederschlag gab die Aragonitreaction nicht und glich im wesentlichen den eben beschriebenen Abscheidungen. Dazwischen fanden sich auch vollkommener ausgebildete, bis zu 120 $\mu$ lange, kurzprismatische Krystalle mit {100} und steileren Rhomboëdern.

### Versuch 28. Bei 10° langsame freiwillige Abscheidung.

100 cm³ mit Bicarbonat gesättigte und filtrierte Lösung von $CaSO_4$ in einem 200 cm³ fassenden lose bedeckten Becherglase der freiwilligen Verdunstung überlassen. Ergebnis nach 17tägigem Stehen: Calcit in Form von linsenförmigen Körnern, anscheinend Combinationen von {100} mit steilen Rhomboëdern. Durchmesser 4—200 $\mu$. Vereinzelt kleine Rhomboëder. Die Flächen sind meist sehr schlecht ausgebildet.

## IV. Versuche mit Bicarbonat-haltigen Lösungen von 27,90 g NaCl in 1000 g Wasser.

### Versuch 29. Bei 15° mit Aragonitkeimen.

Erste Trübung nach 10 Minuten. Keine Aragonitreaction (abgesehen von den Keimen). Unter dem Mikroskope: in etwas wechselndem Mengenverhältnisse sehr gut ausgebildete Rhomboëder von 2—50 $\mu$ Durchmesser neben kleinen rundlichen, im allgemeinen unregelmäßigen Krystallkörnern, 2—12 $\mu$, und deren oft kugeligen Aggregaten. Diese, etwa von der gleichen Größe wie die Rhomboëder, zeigen hohe Doppelbrechung und zuweilen ziemlich deutlich einen radialfaserigen Aufbau, doch ohne Interferenzkreuz. Sie sind wohl als Sphärolithoide aufzufassen.

### Versuch 30. Bei 14° ohne Keime.

Erste Trübung nach 20—25 Minuten. Keine Aragonitreaction, wie auch nach Versuch 29 zu erwarten war. Unter dem Mikroskope: die gleichen Formen wie bei Versuch 29, doch gut ausgebildete Rhomboëder von 20—80 $\mu$ bei weitem überwiegend.

Die Mutterlauge gab nach 14tägigem Stehen bei 14°—16° am Boden eine nicht sehr reichliche, an der Oberfläche der Lösung sehr geringe Ab-

scheidung, die mit Cobaltlösung farblos blieb. Unter dem Mikroskope: schlecht ausgebildete, oft drei- bis sechseckige Krystallkörner, 60—130 $\mu$, hohe Doppelbrechung, also Calcit.

Versuch 31. Bei 10° langsame, freiwillige Abscheidung.

100 cm³ Lösung filtriert, in einem 200 cm³ Becherglase lose bedeckt stehen gelassen. Nach fünf Wochen ist etwa $\frac{1}{5}$ der Flüssigkeit verdampft. Am Boden wie an der Wand, und an der Oberfläche der Lösung findet sich eine reichliche Abscheidung, welche mit *Co*-Lösung aufgekocht, keine Färbung annimmt. Unter dem Mikroskope: mehr oder weniger vollkommen ausgebildete Rhomboëder von sehr wechselnder Größe, die Mehrzahl zwischen 20—60 $\mu$ im Durchmesser. Hierzu unregelmäßige Krystallkörner, anscheinend Combinationen von Rhomboëdern oder Skalenoëdern. Die Rhomboëder von der Oberfläche erreichen eine Größe von 0,5 mm.

So hat sich unter den angegebenen Versuchsbedingungen sowohl bei rascher, als bei langsamer Abscheidung in Gegenwart von *NaCl* als Lösungsgenosse des Bicarbonates bei gewöhnlicher Temperatur nur Calcit in den gewöhnlichen Formen gebildet. Das Ergebnis stimmt also überein mit den Beobachtungen bei reiner Bicarbonatlösung.

## V. Versuche mit Bicarbonat-haltigen Lösungen von 1,85 g $MgSO_4$ in 1000 g Wasser.

Versuch 32. Bei 0° mit Aragonitkeimen.

Ein Versuch dieser Reihe konnte nicht gleich nach Beendigung des Luftdurchsaugens mit *Co*-Lösung behandelt werden, sondern mußte über Nacht in Eis stehen bleiben. Ich führe ihn als 32b. hinter den beiden anderen regelrechten Versuchen 32a. an.

Versuch 32a. Erste Trübung nach etwa 10 Minuten. Der Niederschlag gab die Aragonitreaction ziemlich gut. Unter dem Mikroskope: rundliche, ovale, oder kurz-prismatische, zuweilen auch rhomboëderähnliche 8—30 $\mu$ messende Krystallkörner. Vielfach regellos gehäuft, auch zu brombeerähnlichen Gebilden (Sphärolithoiden?). Durch Cobaltlösung werden sie nicht gefärbt, sind also Calcit. Ferner, in wechselnden Mengen, sehr kleine, (ca. 2—8 $\mu$ größter Durchmesser) spindelförmige Bündel und Sphärolithe, letztere mit gutem Interferenzkreuze. Doppelbrechung schwach, negativ. Sie sind nach Behandlung mit *Co*-Lösung, soweit noch vorhanden, ganz schwach rosa gefärbt.

In einem Falle findet sich in dem suspendierten Teile der Fällung, welcher die Aragonitreaction sehr gut gab, neben den erwähnten Formen eine große Zahl jener tafeligen Krystalle des $CaCO_3 + 6H_2O$ wieder. Ergebnis: Calcit in ziemlich unregelmäßigen Körnern, Vatersche Modification

in Spindeln und Sphärolithen mit negativer Doppelbrechung, hierüber in einem Falle wasserhaltiger Kalk[1]).

Versuch 32b. Über Nacht in Eis stehen gelassen, gab der am Morgen untersuchte Niederschlag die Aragonitreaction nicht mehr. Unter dem Mikroskope: Calcit-Sphärolithe und Axiolithe von 10—40 $\mu$ Länge, 4—12 $\mu$ Breite, neben etwa ebenso vielen, rundlichen, brombeerähnlichen Gebilden, wie es scheint, Sphärolithoiden, die aus keil- oder rhomboëderähnlichen kleinen, stark doppelbrechenden Körnchen bestehen. Vereinzelt noch wohl erhaltene Sphärolithe. Auffallend ist hier gegenüber 32a. nur das Auftreten der Calcit-Axiolithe, die vielleicht aus den ursprünglich vorhandenen tafeligen Krystallen hervorgegangen sind, und zwar möglicherweise auf dem Umwege über die Vatersche Modification.

### Versuch 33. Bei 0° ohne Keime.

Erste Trübung nach etwa 30 Minuten. Die Niederschläge der einzelnen Versuche dieser Reihe zeigten keine konstante Zusammensetzung. In zwei Fällen gaben sie die Aragonitreaction nicht und zeigten dann unter dem Mikroskope: Calcit-Sphärolithe und -Axiolithe (10—60 $\mu$), häufig mit kleinem dunklem, hier nicht isotropem Kerne, und (in etwas geringerer Menge) einheitlich gerade auslöschende kurze Prismen mit zugespitzten Enden. In zwei anderen Fällen wird der Niederschlag mit *Co*-Lösung lila, besonders schön rotviolett der suspendierte Anteil. In diesem finden sich Calcit-Sphärolithe usw., und sehr zahlreich (bis zu etwa 80%) die tafeligen Krystalle des $CaCO_3 + 6H_2O$, und zwar hier vorzugsweise rechteckig bis (flach-) prismatisch ausgebildet, bis zu 300 $\mu$ Länge. In dem an der Wand und am Boden abgesetzten Teile treten sie sehr zurück. Außerdem zeigen sich, wohl als Sphärolithoide aufzufassende brombeerähnliche Gebilde aus kleinen, stark doppelbrechenden, zuweilen rhomboëderähnlichen, meist rundlichen Körnern, und nicht selten winzige gekreuzte oder sternförmig gruppierte Nädelchen, Sphärolithembryonen, von niedriger, negativer Doppelbrechung. Ergebnis: Calcit als Sphärolithe, Axiolithe, kurzprismatische Körner und (zum Teile) als Sphärolithoide; auch hier wahrscheinlich secundär (oder tertiär?) aus $CaCO_3 + 6H_2O$ entstanden, da in zwei Fällen die Krystalle dieser Verbindung sehr zahlreich auftraten und vermutlich die gleichzeitig in geringerer Menge vorhandenen Sphärolithe von Calcit und Vaters Modification durch Zerfall geliefert haben, entsprechend den bei Versuch 10 über die Zersetzung des gewässerten Kalkes gemachten Beobachtungen. Auch hier sind vorläufig noch unbekannte Umstände Ursache für die Verschiedenheit der Abscheidungen, trotz völlig gleicher Versuchsanordnung.

1) Der Umstand, daß in diesem Falle wasserhaltiger Kalk gebildet wurde, läßt vermuten, daß er auch in den übrigen Versuchen dieser Reihe anfänglich auftrat, aber, rascher zersetzt, in die beobachteten Niederschläge des wasserfreien $CaCO_3$ überging.

Die Mutterlauge wurde mit einem Teile des Niederschlages, welcher die tafeligen Krystalle des wasserhaltigen Calciumcarbonates enthielt, bei 14°—16° stehen gelassen. Nach 14 Tagen untersucht, färbte sich der Niederschlag nur helllila. Von den tafeligen Krystallen war keine Spur mehr zu finden. Der Niederschlag enthält, wenig zahlreich, unverändert die ursprünglichen Axiolithe, als Neuabscheidung massenhaft ziemlich regellose Aggregate nicht näher bestimmbarer zuweilen rhomboëderähnlicher oder kurzprismatischer, stark doppelbrechender kleiner Körner, daneben gleichfalls ziemlich stark doppelbrechende spindel- und tonnenförmige Krystalle (15—30 $\mu$ lang) und Krystallbündel, diese teilweise mit unvollständigem Interferenzkreuze. An der Oberfläche der Lösung hatten sich als nachträgliche Abscheidung im wesentlichen nur Spindelchen und Tönnchen zu lockeren Haufwerken gesammelt. Diese erwiesen sich durch die Meigensche Reaction als Aragonit, das übrige war farblos geblieben.

### Versuch 34. Bei 0° mit Calcitkeimen.

Erste Trübung nach etwa 10 Minuten. Der Niederschlag von Boden und Wand gab die Aragonitreaction nicht, der suspendierte Teil nur schwach. Jener enthält nur rundliche, ovale, auch kurzprismatische Krystallkörner (5—20 $\mu$) mit hoher Doppelbrechung, gerader, meist einheitlicher, zuweilen axiolithartiger Auslöschung. Oft zu brombeerähnlichen, rundlichen Aggregaten, wahrscheinlich Sphärolithoiden regellos aggregiert. Der suspendiert gebliebene Anteil enthält überdies vereinzelt schwach doppelbrechende Sphärolithe von etwa 12 $\mu$ Durchmesser. Ergebnis: Calcit in Körnern und Aggregaten (Sphärolithoiden?), vereinzelt Vaters Modification; beide vielleicht aus ursprünglich gebildetem $CaCO_3 + 6\,H_2O$ hervorgegangen.

Nach zweiwöchentlichem Stehenlassen der Mutterlauge mit Teilen des Niederschlages waren die Calcitkörner und Aggregate unverändert, Sphärolithe der Vaterschen Phase nicht mehr vorhanden. Als Neuabscheidung fanden sich am Boden spindelförmige, 10—30 $\mu$ lange Bündel, die ich nach ihrer ziemlich hohen Doppelbrechung für Aragonit ansah. Sie sind jedoch in der nach der Meigenschen Reaction genommenen Probe nicht mehr aufzufinden. An der Oberfläche hatte sich Aragonit in der typischen Form stacheliger Bündel und Sphärolithe ausgeschieden.

### Versuch 35. Bei 15° mit Aragonitkeimen.

Erste Trübung nach etwa 10 Minuten. Die Abscheidungen dieser Versuchsreihe stimmten unter sich wenig überein. Das zeigte sich schon bei der Behandlung mit Cobaltlösung: In einem Falle blieb alles, bis auf die Keime weiß, war also Calcit. Unter dem Mikroskope: Unregelmäßig geformte rundliche bis kurzprismatische Körner (10 $\mu$ im Durchschnitt), mit hoher Doppelbrechung, oft in regellosen Aggregaten. In einem anderen

Falle war eine deutliche, aber helle Färbung des Niederschlages zu beobachten. Er zeigte unter dem Mikroskope: etwa 90% Formen, wie eben beschrieben, nur viel kleiner. Daneben aber 6—12 $\mu$ lange, spindelförmige Kryställchen, oft zu vier- und mehrstrahligen Sternchen verwachsen. Doppelbrechung ziemlich niedrig und negativ, daher offenbar Vatersche Modification.

Im dritten Falle ist die Aragonitreaction gut, es sind nur diese spindelförmigen Krystalle vorhanden, meist etwas größer (bis 20 $\mu$), und nicht nur zu Sternchen, sondern auch zu Sphärolithen aggregiert, nach Reaction und Doppelbrechung Vaters Modification. Ergebnis: Calcit in Körnern und Vaters Modification in Sphärolithen und Sphärolithembryonen.

### Versuch 36. Bei 12°—15° ohne Keime.

Erste Trübung nach etwa 20 Minuten. Der Niederschlag blieb nach der Behandlung mit Cobaltlösung fast farblos. Unter dem Mikroskope: Calcit-Sphärolithe und -Axiolithe 20—80 $\mu$, und einige etwa 8—12 $\mu$ lange, kurzprismatische, einheitlich auslöschende Krystallkörner. Überdies ganz vereinzelt kleine Spindeln und Sternchen, wie bei Versuch 35. Ergebnis: Calcit (Vaters Modification nur ganz vereinzelt).

Die Mutterlauge hatte nach 14tägigem Stehen bei Zimmertemperatur am Boden wie an der Oberfläche Aragonit in den üblichen Formen als unvollkommen radialfaserige Sphärolithe abgeschieden.

## VI. Versuche mit Bicarbonat-haltigen Lösungen von 2,34 g $MgCl_2$ in 1000 g Wasser.

### Versuch 37. Bei 0° mit Aragonitkeimen.

Die erste Trübung trat nach etwa 10 Minuten ein. Die Fällungen dieser Versuchsreihe zeigten stark wechselnde Zusammensetzung und gaben demgemäß die Aragonitreaction nicht, oder nur schwach, oder sehr gut. Da aber meines Wissens keiner der Versuche in den äußeren Bedingungen von den anderen abwich, und daher keiner ohne genügenden Grund willkürlich ausgeschieden werden darf, so muß ich mich darauf beschränken, die verschiedenen Ergebnisse zu beschreiben, ohne vorläufig andere Gründe für ihre Nichtübereinstimmung angeben zu können, als bei Versuch 32 und 33.

Calcit ist in allen Niederschlägen enthalten, und zwar in folgenden Formen: Meist schlecht ausgebildete Rhomboëder, 4—20 $\mu$ Durchmesser; rundliche, ovale bis kurzprismatische Körner, oft mit zugespitzten Enden ({100}?), 4—25 $\mu$; und winzige undefinierbare Körnchen; alles mit einheitlicher und, soweit bestimmbar, gerader Auslöschung, aber keine Sphärolithe. Die kleineren Teile sind oft zu rundlichen, brombeerähnlichen Aggregaten, vielleicht Sphärolithoiden, vereinigt.

Vaters Modification mit schwacher negativer Doppelbrechung tritt in drei (von sieben) Fällen bis zu 20% der Gesamtmenge auf, in der üblichen Ausbildungsweise von Sphärolithembryonen und Sphärolithen.

Die tafeligen Krystalle des wasserhaltigen Calciumcarbonates mit den beschriebenen Eigenschaften und Reactionen kamen nur in einem Falle vor, neben ihnen geringe Mengen von Calcit und Vaters Modification.

Wie bei Versuch 32 und 33 dürfte hier $CaCO_3 + 6H_2O$ primär auch in den sechs übrigen Versuchen dieser Reihe entstanden, aber aus unbekannter Ursache so rasch zersetzt worden sein, daß bei Beendigung des Luftdurchsaugens alles in wasserfreien Kalk umgewandelt war.

Aragonit schied sich nachträglich in den üblichen Formen nach 14 tägigem Stehen der Mutterlauge bei Zimmertemperatur ab.

### Versuch 38. Bei 0° ohne Keime.

Erste Trübung nach etwa 25 Minuten. Das bei Versuch 37 gesagte gilt auch hier. Im wesentlichen sind die Niederschläge ebenso wechselnd und aus den gleichen Formen zusammengesetzt wie dort. Der Calcit jedoch kommt hier (in Abwesenheit der Aragonitkeime!) besonders häufig in Form sehr schön ausgebildeter Sphärolithe und Axiolithe vor.

Die nachträgliche Abscheidung bei 14 tägigem Stehenlassen der Mutterlauge bei Zimmertemperatur ist Aragonit in der üblichen Ausbildung.

### Versuch 39. Bei 0° mit Calcitkeimen.

Nur ein Versuch. Erste Trübung nach etwa 10 Minuten. Keine Aragonitreaction. Calcit in Form von kurzen, 4—20 $\mu$ langen Prismen, an den Enden von Rhomboëdern begrenzt, ferner in Form von Rhomboëdern und rhomboëderähnlichen Körnern gleicher Größe, vielfach in regellosen Aggregaten. Auf den Keimen hat sich ein Teil der Fällung niedergeschlagen, sie zuweilen dicht bedeckend.

### Versuch 40. Bei 15° mit Aragonitkeimen.

Erste Trübung nach 5—10 Minuten. Der Niederschlag gab die Aragonitreaction ziemlich gut. Er enthält in ziemlich wechselndem Mengenverhältnisse Calcit als kurzprismatische, 20—60 $\mu$ lange Körner, an den Enden gerundet oder stumpf zugespitzt; rhomboëderähnliche, oder auch keilförmige Körner in regellosen, auch wohl brombeerähnlichen Aggregaten, die vielleicht als Spärolithoide aufzufassen sind. Überdies, bald stark vorherrschend, bald sehr zurücktretend, Vaters Modification in allen Übergängen von kleinen, spindelförmigen Bündeln bis zu Sphärolithen mit gutem Interferenzkreuze und schwacher, negativer Doppelbrechung.

### Versuch 41. Bei 12°—15° ohne Keime.

Dieser Versuch ist neunmal in gleicher Weise wiederholt worden, ohne daß eine befriedigende Übereinstimmung der Resultate erzielt worden wäre.

Allen einzelnen Versuchen gemeinsam ist folgendes: Die erste Trübung nach 20—30 Minuten. Der an der Wand und am Boden der Kölbchen abgeschiedene, stets größere, zuweilen allein vorhandene Anteil der Fällung gab mit Cobaltlösung aufgekocht, keine Aragonitreaction, war also Calcit. Er enthielt stets mehr oder weniger kurzprismatische, 20—120 $\mu$ lange, gerundete oder stumpf zugespitzte Krystalle und kleine (ca. 16 $\mu$) rundliche, an abgerollte Sandkörner erinnernde Krystallkörner, alle einheitlich auslöschend, meist zu regellosen, manchmal brombeerähnlichen Haufwerken vereint. Zu ihnen gesellten sich häufig, aber nicht durchweg, durch Zwischenstufen mit den kurzprismatischen Krystallen verbunden, doppelkeulenförmige Gebilde von der gleichen Größe wie jene. Sie löschen wie Axiolithe aus, zeigen starke negative Doppelbrechung. In einigen Fällen gehen sie über in Axiolithe und Sphärolithe der gewöhnlichen Form.

In drei Fällen war noch ein geringer Teil des Niederschlages suspendiert geblieben und gab keine Aragonitreaction. Er zeigte dann die gleichen Formen, nur herrschten meist Axiolithe und doppelkeulenförmige Gebilde vor.

In vier weiteren Fällen gab jedoch der suspendierte Anteil des Niederschlages mit Cobaltlösung die Meigensche Reaction, wenn auch das Pulver in der Regel ziemlich helllila gefärbt war, so daß von vornherein die Anwesenheit von Calcit zu vermuten war. In der Tat enthielten diese Niederschläge in wechselnden Mengen Calcit in den oben beschriebenen Formen. Daneben aber, in einem Falle sogar vorwiegend, kleine, 3—12 $\mu$ lange Nädelchen mit gerader Auslöschung und schwacher negativer Doppelbrechung; häufig zu Sphärolithembryonen bis zu vollkommenen Sphärolithen vereinigt. Nach der Behandlung mit Cobaltlösung sind sie zum Teile verschwunden, zum anderen Teile schwach gelblichrosa gefärbt und fast isotrop geworden. Ergebnis: Calcit und in einigen Fällen Vaters Modification.

Die nachträgliche, bei langsamer, freiwilliger 14tägiger Verdunstung der Mutterlauge gebildete Abscheidung war Aragonit. Das Interferenzkreuz ist bei dem unvollkommen radialen Bau und der stacheligen Beschaffenheit der Umgrenzung der Sphärolithe im allgemeinen nur am Rande angedeutet (vgl. Tafel I, Fig. 2) und verschwand an dicht verfilzten Stellen völlig. In einem Falle jedoch hatte sich der Aragonit an der Oberfläche als ein an Menge nicht sehr beträchtliches, locker verfilztes Aggregat von stacheligen, 10—50 $\mu$ messenden Bündeln und Sphärolithen gebildet, welche das Interferenzkreuz auch in der Mitte auffallend gut und scharf zeigen, demnach viel vollkommener radialfaserig als sonst gebaut sind. Neben ihnen finden sich auch zahlreich ganz winzige Sphärolithe derselben Art.

Zum Vergleiche mit den Versuchen 24 und 25 (S. 85—86) wurde noch folgender Versuch angestellt:

### Versuch 42. Bei 10° langsame freiwillige Abscheidung.

100 cm³ mit Bicarbonat gesättigte, filtrierte Lösung wurde bei 10° in einem mit Filtrierpapier locker bedeckten Becherglase von 200 cm³ Inhalt 14 Tage stehen gelassen. Nach 24 Stunden hatte sich eine geringe Abscheidung an der Oberfläche und am Boden gebildet. Bei Beendigung des Versuches war daraus eine zusammenhängende, verhältnismäßig dicke Haut geworden, bezw. am Boden eine feinkrystalline nicht zu reichliche Ausscheidung. Beides gab Meigens Reaction sehr gut und war Aragonit in der gewöhnlichen Form; die Sphärolithe von der Oberfläche besonders stachelig und unvollkommen radialfaserig bis zu 300 $\mu$ im Durchmesser, die vom Boden und von der Wand stammenden kaum halb so groß, weniger stachelig, im allgemeinen besser radial gebaut, daher mit besserem Interferenzkreuze. Es finden sich daneben auch größere, bis 150 $\mu$ lange, teils spindelförmige, teils dick-keilförmige oder unregelmäßig begrenzte einzelne Krystalle von hoher Doppelbrechung und (soweit bestimmbar) gerader Auslöschung. Nach der Behandlung mit Cobaltlösung sind diese unter dem Mikroskope nur ganz schwach rosa gefärbt, die Bündel und Sphärolithe je nach ihrer Größe und Dicke hellrosa bis bräunlichviolett. Der Aragonit blieb unverändert, als er vier Wochen lang bei Zimmertemperatur in der auf das doppelte verdünnten Mutterlauge liegen gelassen wurde.

## VII. Versuche mit einer Bicarbonat-haltigen Lösung von 1,55 g KCl in 1000 g Wasser.

### Versuch 43. Bei 0° mit Aragonitkeimen.

Erste Trübung nach etwa 10 Minuten. Keine Aragonitreaction (mit Ausnahme der Keime). Unter dem Mikroskope[1]: Meist wohlausgebildete Rhomboëder von 3—15 $\mu$ Durchmesser. Vielfach zu regellosen, oft rundlichen Aggregaten gesellt, so daß man vermuten könnte, sie seien aus Sphärolithen einer metastabilen Phase hervorgegangen, doch fanden sich nirgends auch nur Reste von solchen, welche diese Vermutung zu stützen vermöchten. Ergebnis: Calcit.

Nach diesem Resultate, welches im wesentlichen mit dem von Versuch 1 übereinstimmte, verzichtete ich auf weitere Versuche mit *KCl*-Lösung, da ja, wenn man die Versuche des Abschnittes IV zum Vergleiche heranzieht, irgend ein Einfluß des Chlorkaliums als Lösungsgenosse bei der gewählten Concentration und bei beschleunigter Abscheidung nicht zu erwarten war.

---

1) Zwei Monate später untersucht.

### VIII. Versuche mit einer Bicarbonat-haltigen Lösung von 20,74 g $NH_4Cl$ in 1000 g $H_2O$.

#### Versuch 44. Bei 14°—15° mit Aragonitkeimen.

Erste Trübung nach 5—10 Minuten. Keine Aragonitreaction. Unter dem Mikroskope[1]: Sehr gut scharfkantig ausgebildete Rhomboëder, 8—60 $\mu$ im Durchmesser. Eine große Zahl kleinerer Körnchen, anscheinend ebenfalls Rhomboëder, sind zu regellosen, oft kugeligen Aggregaten zusammengeballt. Ergebnis: Calcit.

Die Mutterlauge gab nach 14tägigem Stehen bei Zimmertemperatur eine sehr wenig beträchtliche Abscheidung von Calcitrhomboëdern.

Da die Resultate dieser Versuche mit denen der Versuche 2 ($H_2O$) und 28 ($NaCl$-Lösung) fast vollständig übereinstimmten, so verzichtete ich auf weitere Versuche mit Lösung VIII.

### IX. Versuche mit einer Bicarbonat-haltigen Lösung von 2,03 g $(NH_4)_2SO_4$ in 1000 g Wasser.

#### Versuch 45. Bei 0° mit Aragonitkeimen.

Erste Trübung nach etwa 15 Minuten. Keine Aragonitreaction. Unter dem Mikroskope[2]: Ziemlich gut ausgebildete Rhomboëder, anscheinend zum Teile mit steileren Rhomboëdern (oder Skalenoëdern?) combiniert. Ihr Durchmesser schwankt zwischen 2 und 15 $\mu$. Zahlreicher als diese sind rundliche Haufwerke von sehr kleinen, zum Teil rhomboëderähnlichen, nicht näher bestimmbaren Krystallkörnern vorhanden. Die Form der Aggregate läßt zwar vermuten, daß sie vielleicht als Sphärolithoide aufzufassen sind, doch lassen sich Stützen für diese Vermutung hier ebensowenig wie bei Versuch 43 beibringen.

Die Mutterlauge lieferte nach siebentägigem Stehen bei Zimmertemperatur eine immerhin beträchtliche Abscheidung von unregelmäßigen, zuweilen drei- oder sechseckigen, auch kurzprismatischen oder keilförmigen Krystallkörnern von 8—30 $\mu$ Durchmesser bezw. Länge, hoher Doppelbrechung und gerader Auslöschung, daneben in geringerer Menge Rhomboëder von gleicher Größe wie vorhin, zum Teil in rundlichen, regellosen Aggregaten. Keine Aragonitreaction, also Calcit.

#### Versuch 46. Bei 0° ohne Keime.

Erste Trübung nach etwa 25 Minuten. Keine Aragonitreaction. Unter dem Mikroskope[3]: Rhomboëder, die nur zum kleineren Teile scharfe Kanten

---

1) Zwei Monate später untersucht.
2) Zwei und einhalb Monate später untersucht.
3) Zwei und einhalb Monate später untersucht.

aufweisen. Meist sind Ecken und Kanten gerundet oder abgestumpft, anscheinend durch Flächen anderer Formen. Durchmesser 10—35 $\mu$. Häufig regellos aggregiert. Ergebnis: Calcit.

### Versuch 47. Bei 13° ohne Keime.

Erste Trübung nach etwa 25 Minuten. Keine Aragonitreaction. Unter dem Mikroskope[1]: wie bei 46, also Calcit.

Die Mutterlauge hatte nach 14tägigem Stehen einen ziemlich reichlichen Niederschlag am Boden des Gefäßes und einen geringen an der Oberfläche der Lösung abgeschieden. Beide gaben die Aragonitreaction nicht. Unter dem Mikroskope[2]: Kurzprismatische, häufig etwas abgerundete Körner, wie es scheint, Combinationen von steilen Rhomboëdern mit {100}. Sie sind 100—200 $\mu$ lang, 40—80 $\mu$ breit. Seltener sind kleine Rhomboëder, ferner sechsseitige Körner anscheinend tafelförmig, aber nicht nach der Basis ausgebildet. Häufig ist der Wechsel des Reliefs bei Drehung des Tisches um 90° sehr deutlich. Ergebnis: Calcit.

### Versuch 48. Bei 10° langsame, freiwillige Abscheidung.

100 cm³ filtrierte Bicarbonat-haltige Lösung wurde bei 10° im Keller der freiwilligen Verdunstung überlassen. Nach 24 Stunden war eine sehr geringfügige Abscheidung an der Oberfläche der Lösung zu sehen. Nach 4 Wochen war etwa $\frac{1}{7}$ der Flüssigkeit verdunstet. Auf der Oberfläche hatte sich eine starre zusammenhängende Haut gebildet, während am Boden und an der Wand der Niederschlag weniger reichlich war. Keine Aragonitreaction. Unter dem Mikroskope[3]: Die an der Oberfläche der Lösung freischwimmend gebildeten Krystalle sind höchstwahrscheinlich Combinationen eines steilen Rhomboëders mit {100} und vielleicht auch mit Skalenoëdern. Obwohl einzelne Krystalle über 0,2 mm lang und 0,1 mm breit sind, war eine genauere Bestimmung der Formen wegen ihrer sehr schlechten Ausbildung nicht möglich. Im wesentlichen dieselben Formen, nur viel kleiner, und zum Teile etwas besser ausgebildet, setzten den Absatz am Boden und an der Wand zusammen.

Die hier und sonst auch mehrfach beobachtete Tatsache, daß der Calcit bei beschleunigter Abscheidung gern wenigstens teilweise in Rhomboëdern krystallisiert, während er bei langsamer Krystallisation meist in Combinationen steilerer Rhomboëder (oder Skalenoëder?) ausfällt, ist, wie nebenbei erwähnt sein mag, eine Bestätigung des von Vater[4] angeführten Satzes, daß »der Einfluß der Lösungsgenossen (auch in bezug auf ihren Schwellenwert) um so größer ist, je langsamer der Krystall wächst.«

1) Zwei und einhalb Monate später untersucht.
2) Zwei Monate später untersucht.
3) Vier Wochen später optisch unterucht.
4) Diese Zeitschr. **30**, 500.

## X. Versuche mit einer Bicarbonat-haltigen concentrierten Lösung von NaCl.

(bei 0° 355,2 g $NaCl$ in 1000 g $H_2O$)[1].

Diese Versuche hatten den Zweck, festzustellen, ob in sehr salzreichen Lösungen eine andere Abscheidung als die bei den Versuchen IV, 29—30 erhaltene auftritt.

### Versuch 49. Bei 0° mit Aragonitkeimen.

Nur ein Versuch. Der gebildete Niederschlag stand an Menge bedeutend gegen die bisher erhaltenen zurück. Er gab die Aragonitreaction nicht. Unter dem Mikroskope[2]: Rhomboëder, 3—12 $\mu$ im Durchmesser, und unbestimmbare, sandkornähnliche Krystallkörner von hoher Doppelbrechung, also Calcit.

Nach 14tägigem Stehen bei Zimmertemperatur hatte die Mutterlauge neben reichlichen Kochsalzwürfelchen und Skeletten einen immerhin beträchtlichen Niederschlag abgeschieden, hauptsächlich am Boden, wenig an der Oberfläche. Er gab keine Aragonitreaction. Unter dem Mikroskope[3]: Rhomboëder und andere meist schlecht und unregelmäßig ausgebildete Krystallformen, die nicht genauer zu bestimmen sind; dem Anscheine nach verschiedene Combinationen steiler Rhomboëder oder Skalenoëder. Die Größe schwankt zwischen 10—150 $\mu$ Länge bei etwa halb so großer Breite. Vielfach sind die Krystalle in nicht entwirrbaren Haufwerken dicht gedrängt.

### Versuch 50. Bei 0° ohne Keime.

Der nicht sehr beträchtliche Niederschlag gab die Aragonitreaction nicht, war also Calcit[4] in Form von oft sehr gut und scharf ausgebildeten, 8—20 $\mu$ im Durchmesser messenden Rhomboëdern und zahlreichen Aggregaten kleinerer Rhomboëder. Von den tafeligen Krystallen des $CaCO_3 + 6H_2O$, von Vaterscher Modification oder von deren Zerfallsproducten war nichts zu bemerken.

### Versuch 51. Bei 13° ohne Keime.

Der Niederschlag[5], reichlicher als der bei 0°, besteht aus meist scharfkantigen Calcitrhomboëdern von durchschnittlich 20—30 $\mu$ Durchmesser. Vereinzelt kommen auch Combinationen anderer Formen vor ({100}, {$2\bar{1}\bar{1}$}, {110}?).

Die Mutterlauge schied nach 14tägigem Stehen bei Zimmertemperatur (neben $NaCl$) einen weiteren, verhältnismäßig reichlichen Niederschlag ab,

---

1) Nach Landolt und Börnstein, Phys.-chem. Tabellen, 2. Aufl., 1894, 244.
2) Drei Wochen später untersucht.
3) Acht Tage später untersucht.
4) Zwölf Tage später optisch untersucht.
5) Vierzehn Tage später optisch untersucht.

der sich gleichfalls als Calcit erwies. Unter dem Mikroskope: Meist schlecht ausgebildete Krystallkörner (60—80 $\mu$ im Durchmesser), anscheinend Rhomboëder mit Combinationen. Ferner rundliche und ovale Körner mit einheitlicher Auslöschung, höchstens 7 $\mu$ groß.

Es waren hier also weder das wasserhaltige Calciumcarbonat noch Vaters Modification noch Aragonit aufgetreten. Concentrierte Chlornatriumlösung verhielt sich in bezug auf die Abscheidungsart des $CaCO_3$ im wesentlichen wie die in den Versuchen IV, 29—30 verwendete verdünnte Lösung.

## Anhang.

Um die Abscheidung des Calciumcarbonates aus einer mit Bicarbonat und $CO_2$ gesättigten Lösung noch mehr zu beschleunigen, als es mittels eines starken, durch die Flüssigkeit gesaugten Luftstromes möglich ist, habe ich noch eine Anzahl Versuche angestellt, in denen die Fällung durch Ammoniak im Überschusse bewirkt wurde. In die wie oben beschrieben vorbereitete Bicarbonat-haltige Lösung wurde 1 bis 3 Minuten lang mit Luft gemischtes $NH_3$-Gas eingesaugt. Sodann ließ ich, wie bisher, einen starken Luftstrom durch die Flüssigkeit streichen oder unterbrach den Versuch sofort, um den gebildeten Niederschlag weiter zu untersuchen. Etwa 30 Secunden nach dem ersten Eintritte des $NH_3$ trat eine allmählich stärker werdende milchige Trübung auf. Am Schlusse des Versuches war noch ein durch den Geruch deutlich wahrnehmbarer Überschuß von $NH_3$ vorhanden. Es wurden fast alle Lösungen von I—X dieser Operation unterworfen, doch sind die Versuchsbedingungen noch zu wenig klar umrissen und die Ergebnisse zu unsicher, um sie hier im einzelnen angeben zu können. Nur ein Versuch, der in etwas anderer Weise ausgeführt wurde, soll hier anhangsweise beschrieben werden, weil sein Ergebnis nicht ohne Interesse ist.

### Versuch 52. Bei 17° beschleunigte Abscheidung des $CaCO_3$ durch $NH_3$ aus reinem Bicarbonat-haltigem Wasser.

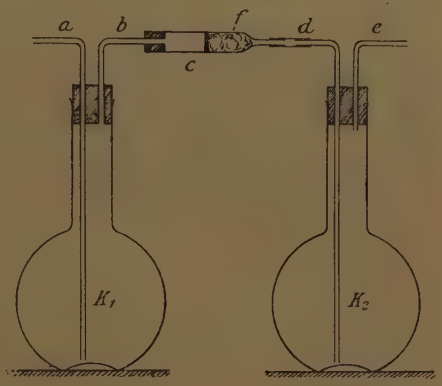
Dieser Versuch wurde zunächst mehrere Male mit den gewöhnlichen Flüssigkeitsmengen ausgeführt. Ich beobachtete dabei die längst bekannte, oft erwähnte Tatsache, daß sich der kohlensaure Kalk zunächst als zarte milchige Trübung, dann sehr rasch voluminös flockig abschied. In wenigen Minuten wurde er jedoch feinkrystallin, und es wollte mir lange nicht gelingen, den Niederschlag noch in der voluminös flockigen Form auf den Objectträger zu bringen. Regelmäßig war er während des Absitzenlassens oder während der Filtration vollständig in gut ausgebildete kleine Rhomboëder umgewandelt.

Da wenigstens die Vatersche Modification, so unbeständig sie in

wässeriger Lösung sein mag, in trockenem Zustande ziemlich beständig ist, so galt es, den Niederschlag so schnell von der Flüssigkeit zu trennen und zu trocknen, daß er sich wenigstens noch nicht völlig in Calcit umgelagert hatte. Daß dies bei der anfänglich flockigen, gallertartigen Beschaffenheit der Fällung seine Schwierigkeiten haben würde, war von vornherein klar. Es gelang auf folgende Weise, sie teilweise zu überwinden:

Ein an der einen Seite erweitertes Glasrohr wurde mit einem Wattepfropfen vor der Verengung versehen und auf diesen 3—4 eng anschließende Blättchen Filtrierpapier geschoben. Dieses Glasrohr $c$ wurde in der aus Fig. 6 ersichtlichen Weise zwischen zwei ziemlich dickwandige je 500 cm³ fassende Kolben eingeschaltet. Nun wurden beide Kolben $K_1$ und $K_2$ sowie das eingeschaltete Glasrohr $c$ mit Kohlensäure gefüllt, um eine vorzeitige Abscheidung während des Einlaufs der Flüssigkeit hintanzuhalten, und darauf die filtrierte Lösung wie bisher in der oben S. 64 f. beschriebenen Weise durch $a$ nach $K_1$ gedrückt, bis $K_1$ ungefähr zur Hälfte gefüllt war. Nun wurde $c$ mit der Wasserluftpumpe verbunden und durch $a$ etwa 3 Minuten lang mit Luft gemischtes $NH_3$-Gas eingesaugt. Nach 30 Secunden wurde die erste milchige Trübung sichtbar. Die Zufuhr von $NH_3$ wurde unterbrochen, vor $a$ ein Wattebausch zur Abhaltung des Staubes der Luft geschaltet und Kolben $K_1$ nach oben, Hals nach unten, umgedreht. Jetzt drückte der äußere Luftdruck die Flüssigkeit durch $b$ und $c$ nach $K_2$. Inzwischen war der Niederschlag flockig geworden, ging zum Teile durch das Filter $f$ hindurch nach $K_2$, verstopfte zum anderen Teile die Poren der Filterblättchen bald so sehr, daß die Lösung nur noch sehr langsam durch $f$ gelangte. Da sich bereits Anfänge des Überganges aus dem flockigen in den krystallinen Zustand zeigten, so löste ich, als erst etwa die Hälfte der Flüssigkeit nach $K_2$ gelangt war, die Verbindung zwischen $K_1$ und $c$ und ließ nun noch, zwecks schleunigster Trocknung des Filterrückstandes einen starken Luftstrom etwa eine Minute lang hindurchstreichen. Wattepfropf mit Filterblättchen $f$ wurde schnell aus $c$ entfernt, der ziemlich reichliche Niederschlag zum Teile auf dem Objectträger fein verteilt, woselbst er rasch vollends trocknete, zum anderen Teile mit Cobaltlösung behandelt. Er blieb farblos, schien also nur noch Calcit zu enthalten. Unter dem Mikroskope finden sich gut ausgebildete Rhomboëder bis zu 25 $\mu$ Durchmesser, ferner,

Fig. 6.



etwas zahlreicher, rundliche, auch ovale oder unregelmäßig eckige Körner von 3—8 $\mu$ Größe, die sehr häufig zu kleinen rundlichen Aggregaten gesellt sind. Außerdem aber bilden etwa 10% der Gesamtmenge meist noch wohl erhaltene Sphärolithe von 3—8 $\mu$ Durchmesser mit gutem Interferenzkreuze und niedriger positiver Doppelbrechung, die bei einer zwei Monate später vorgenommenen Nachprüfung noch unverändert, also trotz ihrer Unbeständigkeit in wässeriger Lösung in trockenem Zustande beständig waren. Nach der Behandlung mit Cobaltlösung sind die Calcit-Rhomboëder und Körner unverändert, die Sphärolithe dagegen recht selten geworden; die noch vorhandenen sind, wie vorher, optisch positiv.

Der noch in $K_1$ gebliebene Flüssigkeitsanteil war sofort nach der Lösung der Verbindung ausgegossen worden. An der Wand hatte sich ein hauchartiger feiner weißer Überzug abgeschieden, der mit Cobaltlösung sich nicht färbte und unter dem Mikroskope nur kleine Rhomboëderchen und rundliche, oft perlschnurartig aneinander gereihte Aggregate von winzigen Körnchen hoher Doppelbrechung, aber keine Sphärolithe mehr enthielt.

Die schwach positiv brechenden Sphärolithe des Niederschlages können nichts anderes sein, als Vaters Modification. Auffallend ist freilich, daß diese, entgegen allen übrigen Beobachtungen von mir, und entgegen den Angaben von Vater positiv sind. Sie stimmen aber hierin mit den von Bütschli aus verdünnten Lösungen erhaltenen Sphärolithen überein. Da nun Bütschli neben diesen auch negativ doppeltbrechende Gebilde erhalten hat[1]) und sowohl die positiv wie die negativ doppeltbrechenden Sphärolithe nach ihren sonstigen Eigenschaften der Vaterschen Modification zurechnet, so ist es wohl erlaubt, ihm hierin zu folgen, so lange sich Gegengründe aus den Beobachtungen nicht ergeben, um so mehr, als auch Aragonit und zuweilen sogar Calcit als Sphärolithe sowohl positiven wie negativen Charakter zeigen können[1]). Der Wechsel der Doppelbrechung ist jedenfalls durch eine Längsausdehnung der Krystallbausteine der Sphärolithe nach verschiedenen krystallographischen Richtungen bedingt. Welche physikalisch-chemischen Ursachen dies veranlassen, ist noch nicht aufgeklärt.

Die erste Trübung und der voluminös-flockige Niederschlag gehört wahrscheinlich der von Bütschli[2]) einwandsfrei festgestellten, außerordentlich unbeständigen isotropen Phase des wasserfreien Kalkes an. Diese wandelt sich während des Versuches innerhalb weniger Minuten vollständig um: zum größeren Teile in Calcit, entweder unmittelbar oder vielleicht auch auf dem Umwege über die Vatersche Modification, und zum kleineren in die erwähnten Sphärolithe der letzteren.

---

1) Siehe Einleitung S. 53 f.

2) Bütschli, a. a. O. S. 7—21.

## Ergebnisse.

### 1. Die Wirkung der Keime.

a) Der Einfluß der Aragonitkeime. Ich hatte nach den Beobachtungen von C. G. Cullis[1]) erwartet, daß sie, wenn auch Keime einer metastabilen Phase, doch die Bildung von Aragonit wenigstens im Meerwasser auch bei gewöhnlicher Temperatur, zumal bei beschleunigter Abscheidung des $CaCO_3$ begünstigen würden. Diese Erwartung wurde getäuscht. Die Aragonitkeime haben sich im allgemeinen als unwirksam erwiesen. Sie haben jedenfalls nirgends Anlaß zur ausschließlichen Bildung von Aragonit gegeben. Bei Krystallisation des Caliumcarbonates aus reiner Bicarbonatlösung (I, 5) befördern die Keime vielleicht die Bildung von Aragonit; daß ihr Einfluß jedoch auch hier mindestens kein ausschlaggebender ist, zeigt ein Fall, in dem auch trotz ihrer Abwesenheit bei 29° Aragonit in überwiegender Menge auskrystallisierte (I, 6). Wahrscheinlicher ist, daß hier, wie auch sonst vielfach, andere an sich geringfügige, noch unbekannte Ursachen Anlaß zu dem Wechsel in den Mengenverhältnissen zwischen Aragonit und Calcit bei den Versuchen 5 und 6 gegeben haben.

Im Meerwasser scheint die Anwesenheit der Aragonitkeime der Ausbildung der Krystalle des wasserhaltigen Calciumcarbonates entgegen gewirkt zu haben. Aus Lösungen von $MgSO_4$ und $MgCl_2$ traten sie jedoch in je einem Falle trotz der Anwesenheit der Aragonitkeime auf (V, 32a; VI, 37). Aus dem sonst ähnlichen Verhalten des Meerwassers und der *Mg*-Lösungen läßt sich aber schließen, daß dieser Unterschied, der sich nur in zwei Einzelfällen geltend machte, keine Bedeutung für weitergehende Folgerungen haben kann.

Recht bemerkenswert ist die Erscheinung, daß in Gegenwart von Aragonitkeimen der gebildete Calcit niemals in echten Sphärolithen und Axiolithen auftritt, während er bei Abwesenheit der Keime unter sonst gleichen Bedingungen bei mittleren Temperaturen mit Vorliebe in diesen Formen erscheint[2]).

b) Der Einfluß der Calcitkeime ist dagegen sehr merkbar. Da Calcit die beständigste Phase ist, war zu erwarten, daß seine Gegenwart die Bildung unbeständiger Phasen wo nicht verhindern, so doch stark beschränken, oder wenigstens ihre Umwandlung beschleunigen würde. In der Tat haben Calcitkeime das letztere bewirkt, so daß Sphärolithe mit niedriger negativer Doppelbrechung hier in einigen Fällen (II, 11; bei 0°; II, 16, bei 17°; II, 19, bei 18°; V, 34, bei 0°) bei Unterbrechung der Versuche nur in sehr geringer Menge noch zugegen waren, und die Bildung von

1) Siehe Einleitung S. 59.
2) Siehe Anm. 3) S. 102.

Aragonit bei höherer Temperatur nur bei einem Versuche (II,21 bei 29°) nicht völlig unterdrückt war.

Umso auffallender ist es, daß aus Meerwasser bei 0° trotz Gegenwart der Calcitkeime neben Calcit und geringen Mengen von Vaters Modification auch die so überaus unbeständige Verbindung $CaCO_3 + 6H_2O$ sich bilden und wenigstens teilweise bis zur Beendigung des Versuches erhalten konnte. Es deutet dies darauf hin, daß die Einstellung des Gleichgewichtes weit langsamer als bei anderen Substanzen erfolgt, vermutlich, weil die Löslichkeitsverhältnisse des Calciumcarbonates für derartige Versuche außerordentlich ungünstige sind. Daher mögen wohl, trotz energischen Schüttelns im Anfange der Versuche und trotz der ständigen heftigen Bewegung der Flüssigkeit durch den Luftstrom die Keime an einigen Stellen nicht zu voller Wirkung gekommen sein.

2. **Reine Bicarbonatlösungen** geben

a) Bei 0°—18° auch bei beschleunigter Abscheidung nur Calcit in der Form von Rhomboëdern oder von unregelmäßigen, aber einheitlichen sandkornähnlichen Krystallkörnern. Wahrscheinlich ist aber der Calcit wenigstens zum Teil secundärer Entstehung. Gestützt wird diese Vermutung durch das Auftreten einer geringen Menge von Vaters Modification bei 18° in einem Einzelversuche der Reihe I, 3, der schon nach $\frac{3}{4}$ Stunden unterbrochen worden ist.

b) Von 29° an aufwärts tritt Aragonit neben Calcit auf, wie schon längst bekannt ist. Eine Verschiebung dieser schon von G. Rose[1]) festgestellten Temperaturgrenze[2]) für das Auftreten des Aragonits nach unten habe ich durch beschleunigte Abscheidung nicht, wie ich gehofft, erreichen können. Doch hat die Beschleunigung offenbar die Bildung von Aragonit begünstigt, was der Ostwaldschen Regel über das Auftreten metastabiler Phasen entspricht.

3. **Bicarbonathaltiges Meerwasser** liefert bei beschleunigter Abscheidung, in stark wechselnden Mengen zwar, aber fast stets Calcit, höchstwahrscheinlich immer secundärer Entstehung, bei 0° nur in Form von Rhomboëdern und nicht näher bestimmbaren Krystallkörnern, bei mittleren Temperaturen (in Abwesenheit von Aragonitkeimen) besonders gern in Form von Sphärolithen und Axiolithen[3]), zuweilen als einheitliche kurz-prismatische Körner. Außerdem aber entstehen

---

1) Siehe Einleitung S. 46.

2) Welcher übrigens nicht etwa die Bedeutung eines Tripelpunktes zukommt, da $CaCO_3$ monotrop ist. Vgl. hierzu besonders die Ergebnisse von Foote, Zeitschr. f. phys. Chem. **30**, 758 f.

3) Möglicherweise echte Paramorphosen nach der Vaterschen Modification, da diese unter gleichen Bedingungen nicht selten auftrat.

a) Bei 0° vorzugsweise oder ausschließlich die Krystalle des $CaCO_3 + 6H_2O$, daneben Vaters Modification in negativ doppeltbrechenden Sphärolithen (II, 9; 10; 11).

b) Bei 11°—18° bald Vaters Modification (II, 12a; 14; 15a; 16—19), bald (II, 12b; 15b.) als Hauptmenge des Niederschages die tafeligen Krystalle des $CaCO_3 + 6H_2O$. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß diese ursprünglich in allen Versuchen entstanden, aber nur bei den genannten aus unbekannten Ursachen sich erhalten konnten.

c) Von 20° an aufwärts Aragonit in Form von Nadeln, Büscheln und Sphärolithen (II, 20—22). Eine Beimengung von $(NH_4)_2SO_4$ zum Meerwasser in den angegebenen Verhältnissen hat bei gewöhnlicher Temperatur und beschleunigter Abscheidung keinen merkbaren Einfluß gezeigt (IIa, 23).

4. **Langsame Abscheidung aus Meerwasser bei 14°—17°** aus nicht mehr mit Bicarbonat gesättigten Lösungen (den Mutterlaugen der Versuche) liefert Aragonit. Aus gesättigter Lösung entstand bei 10° Aragonit und Calcit zugleich (II, 10—15; bezw. II, 24).

Eine Beimengung von $(NH_4)_2SO_4$ scheint bei langsamer Abscheidung das Mengenverhältnis zwischen Aragonit und Calcit zugunsten des letzteren zu verschieben (IIa, 25).

5. **Lösungen von $CaSO_4$, NaCl verdünnt und concentriert, KCl, $NH_4Cl$ und $(NH_4)_2SO_4$** in reinem Wasser, mit Bicarbonat gesättigt, verhalten sich (soweit untersucht) bei beschleunigter wie bei langsamer Abscheidung im wesentlichen wie reine Bicarbonatlösungen (III, 26—28; IV, 29—31; X, 49—51; VII, 43; VIII, 44; IX 45—48).

6. Lösungen von $MgSO_4$ und $MgCl_2$ in den angegebenen Mengen verhalten sich (soweit untersucht) im allgemeinen wie Meerwasser. Eine mit Bicarbonat gesättigte Lösung von $MgCl_2$ lieferte bei langsamer Abscheidung bei 10° sogar nur Aragonit (V, 32—36; VI, 37—42).

7. **Bei stark beschleunigter Abscheidung des $CaCO_3$ durch $NH_3$** entsteht bei gewöhnlicher Temperatur auch aus reiner Bicarbonatlösung zum Teil die Vatersche Modification, aber mit positiver Doppelbrechung, secundär aus der zuerst ausfallenden isotropen Phase des Calciumcarbonates gebildet, und kann unter geeigneten Vorsichtsmaßregeln noch vor ihrer in Lösung schnell vor sich gehenden Umwandlung in Calcit wenigstens teilweise gefaßt werden (I, 52).

8. Die kleinen spindelförmigen Nadeln und Bündel, sternförmigen Aggregate und Sphärolithe von niedriger, negativer Doppelbrechung sind in Meerwasser und in *Mg*-Lösungen beständiger als in reinem Wasser. Erneute Untersuchungen müssen lehren, ob sie diese verhältnismäßige Beständigkeit der Gegenwart der betreffenden Salze oder wie man nach Lincks[1])

1) Über die Entstehung der Dolomite, a. a. O. S. 238.

Beobachtungen vielleicht annehmen könnte, der Beimengung einer geringen Menge von $MgCO_3$ verdanken.

9. Die Seite 70 ff. beschriebenen tafeligen Krystalle sind wasserhaltiger Kalk, und zwar in Übereinstimmung mit Bütschlis Analysen $CaCO_3 + 6H_2O$. Er kann sich außer auf die schon bekannte Weise (nach Bütschli und anderen) auch aus Calciumbicarbonat in Meerwasser und in *Mg*-Salzlösungen vorzüglich bei 0°, zuweilen auch bei Zimmertemperatur bilden. Er ist wahrscheinlich bei 0°—17° in Meerwasser usw. stets die erste Abscheidung, ist aber häufig bis zum Ende der Versuche schon völlig zerfallen. Die am meisten hervorstechende Eigenschaft des $CaCO_3 + 6H_2O$ ist seine große Unbeständigkeit schon bei mittleren Temperaturen. In Luft wandelt er sich zunächst in die anscheinend amorphe, vielleicht aber äußerst feinkrystalline und daher isotrope Verbindung $CaCO_3 + H_2O$ um, welche in einigen Wochen doppeltbrechend wird, d. h. in Calcit übergeht und dabei zerfällt. In wässeriger Lösung verwandeln sich die Krystalle des $CaCO_3 + 6H_2O$ schnell unmittelbar in Calcit und zum kleineren Teile in Vaters Modification. Ihre Licht- und Doppelbrechung ist ziemlich gering.

10. Im vorhergehenden wurden alle schwach doppeltbrechenden Sphärolithe kurzweg als Vaters Modification bezeichnet, gleichgültig, ob sie negativen oder positiven[1]) Charakter der Doppelbrechung zeigten. Leider traten sie meist in so geringen Mengen und stets mit anderen Formen des $CaCO_3$ gemischt auf, daß eine Bestimmung des spec. Gewichtes unmöglich war. Es muß daher zunächst zweifelhaft erscheinen, ob es berechtigt ist, diese Gebilde lediglich auf Grund ihres optischen Verhaltens der Vaterschen Modification zuzurechnen. Von Calcit unterscheiden sie sich allerdings durch die Meigensche Probe. Es könnte also nur noch eine Verwechselung mit Aragonit in Frage kommen. Nun zeigten aber selbst kleine Spindeln (Krystalle und Krystallbündel) von Aragonit stets die Farben der höheren Ordnungen und bei starker Vergrößerung an den spitzen Enden sehr deutlich die Farbenabstufung bis zur ersten Ordnung (vgl. Tafel I, Fig. 1 und 2), während die fraglichen Gebilde bei gleicher Größe nur das Grau bis Weiß der ersten Ordnung aufwiesen, und bei Einschaltung des Gypsblättchens je nach ihrer Lage in Gelb erster bezw. Blau zweiter Ordnung übergingen. Der Unterschied in der Stärke der Doppelbrechung ist daher so auffallend, daß für mich die Zugehörigkeit der letztgenannten zur Vaterschen Modification außer Zweifel steht.

Die physikalisch-chemischen Ursachen für die Verschiedenheit des Charakters der Doppelbrechung, das heißt für die verschiedenartige Längsausdehnung der einzelnen Kryställchen der Sphärolithe, sowohl bei der

---

1) Positiv nur bei Versuch 52.

Vaterschen Modification, wie bei Aragonit und Calcit sind noch nicht aufgeklärt.

In den Tabellen I und II (S. 106 f.) habe ich die Ergebnisse meiner Versuche in übersichtlicher Weise darzustellen versucht. Sie führen zu folgenden

**Schlüssen:**

1. Die Bildung bezw. größere Beständigkeit von Aragonit, Vaters Modification und wasserhaltigem Calciumcarbonat im Meerwasser ist nicht so sehr durch den Salzreichtum als durch die Anwesenheit der Magnesiumsalze bedingt. Denn wäre es lediglich der Salzreichtum der Lösung, welcher das Auftreten dieser metastabilen Phasen veranlaßt, so müßte auch eine concentrierte Lösung von *NaCl* die gleichen Niederschläge liefern. Dies ist aber nicht der Fall, wie die Versuche X, 49—51 gelehrt haben. Diese Ansicht über die besondere Rolle, welche die *Mg*-Salze hier spielen, stimmt gut überein mit den Beobachtungen von F. Cornu[1]), nach denen die recente Entstehung des Aragonitsinters oder des Erzbergits (alternierende Lagen von Kalk- und Aragonitsinter) in vielen steierischen Bergwerken auf die Anwesenheit von $MgSO_4$ in den kalkabscheidenden Lösungen zurückzuführen ist. Ähnliche Bildungsbedingungen des Aragonits sind neuerdings von C. Hlawatsch[2]) und H. Leitmeier[3]) in den Mineralwässern von Rohitsch-Sauerbrunn festgestellt worden.

2. In der Natur spielt sich der Proceß der Abscheidung des $CaCO_3$ auf anorganischem Wege aus Meerwasser in der Regel sehr langsam ab. Es ist daher kaum anzunehmen, daß der wasserhaltige Kalk in der Natur irgend eine Rolle spielt. Nur selten und rein örtlich, und jedenfalls nur unter höheren Breiten dürften günstige Umstände zu vorübergehender Bildung dieser Krystalle führen. Als solche günstigen Umstände kämen in Frage: Niedere Temperatur, Übersättigung an Bicarbonat oder Anwesenheit von Ammoniumcarbonat, Anwesenheit von organischer Substanz (welche nach Bütschli[4]) die Beständigkeit des $CaCO_3 + 6H_2O$ sehr wesentlich erhöht) und Abwesenheit von Aragonit und Calcit.

3. Die auf S. 68 beschriebenen, sowohl bei Aragonit als bei Vaters Modification mehrfach beobachteten Übergänge von winzigen Nadeln über spindel-, stern- und garbenförmige Aggregate bis zu voll ausgebildeten Sphärolithen und die S. 79 erwähnten Übergangsstufen von Sphärolithen

---

1) F. Cornu, Über die Bildungsbedingungen von Aragonit- und Kalksinter in den alten Grubenbauten der obersteierischen Erzbergwerke. Österr. Zeitschr. f. Berg- u. Hüttenwesen **55**, 596—598; cit. nach Chem. Centralbl. 1908, **1**, 405.

2) C. Hlawatsch, Der Aragonit von Rohitsch. Diese Zeitschr. 1909, **47**, 33 f.

3) H. Leitmeier, Die Absätze des Mineralwassers von Rohitsch-Sauerbrunn in Steiermark. Diese Zeitschr. 1909, **47**, 121 f.

4) a. a. O. S. 52 f.

Tabelle I. Ergebnisse der Versuche mit Bicarbonat-gesättigtem Wasser und den gleiche Niederschläge liefernden Salzlösungen. Darstellung der Phasenzugehörigkeit und der durchschnittlichen Mengenverhältnisse der Niederschläge.

(†) = 0—10 %; † = 10—20 %; †† = 20—40 % usw.

| Beschleunigte Abscheidung | | I. Wasser | | | | III. 1,56 g $CaSO_4$ in 1000 g $H_2O$ | | | IV. 27,90 g $NaCl$ in 1000 g $H_2O$ | | | Beschleunigte Abscheidung | VII. 1,55 g $KCl$ in 1000 g $H_2O$ | | | VIII. 20,74 g $NH_4Cl$ in 1000 g $H_2O$ | | | IX. 2,03 g $(NH_4)_2SO_4$ in 1000 g $H_2O$ | | | X. $NaCl$ concentr. Lösung | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur | Angew. Keime | Versuch Nr. | Calcit kryst.[1] | Aragonit | Vaters Modif. | Versuch Nr. | Calcit kryst.[1] | Aragonit | Versuch Nr. | Calcit kryst.[1] | Aragonit | Temperatur | Versuch Nr. | Calcit kryst.[1] | Aragonit | Versuch Nr. | Calcit kryst.[1] | Aragonit | Versuch Nr. | Calcit kryst.[1] | Aragonit | Versuch Nr. | Calcit kryst.[1] | Aragonit | Temperatur |
| 0° | Arag. | 1 | +++++ | | | | | | | | | 0° | 43 | +++++ | | | | | 45 | +++++ | | 49 | +++++ | | |
| | — | | | | | | | | | | | | | | | | | | 46 | +++++ | | 50 | +++++ | | 0° |
| 12°—17° | Arag. | 2 | +++++ | | | 26 | +++++ | | 29 | +++++ | | | | | | | | | | | | | | | |
| | — | | | | | 27 | +++++ | | 30 | +++++ | | 130—150 | | | | 44 | +++++ | | | | | | | | |
| 17°—18,5° | Arag. | 3 | ++++ | | (†)[2] | | | | | | | | | | | | | | 47 | +++++ | | 51 | +++++ | | 130—150 |
| | — | 4 | +++++ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29°. | Arag. | 5 | + | ++++ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | — | 6 | †† | +++ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34,5°—35,5° | — | 7 | †† | +++ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Calcit | 8 | +++++ | | | | | | | | | Langsame Abscheidung | | | | | | | | | | | | | |
| Langsame Abscheidung | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10° | — | | | | | 28 | +++++ | | 31 | +++++ | | 10° | | | | | | | 48 | +++++ | | | | | 10° |
| Abscheidung durch $NH_3$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17° | — | 32 | ++++ | | † | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

1) D. i. Calcit in Form von Rhomboëdern oder Rhomboëder-ähnlichen Körnern.
2) Nur in einem Falle erhalten, der schon nach $\frac{3}{4}$ Stunden unterbrochen wurde.

**Tabelle II.** Ergebnisse der Versuche mit Bicarbonat-gesättigtem Meerwasser und den ähnliche Niederschläge liefernden *Mg*-Salzlösungen. Darstellung der Phasenzugehörigkeit und der durchschnittlichen Mengenverhältnisse der Niederschläge.

(†) = 0—10 %; † = 10—20 %; †† = 20—40 % usw.

| Beschleunigte Abscheidung | | II. Meerwasser | | | | | | IIa. Meerwasser mit 2,03 g $(NH_4)_2SO_4$ in 1000 ccm | | | | | | Beschleunigte Abscheidung | | V. 1,85 g $MgSO_4$ in 1000 g $H_2O$ | | | | | VI. 2,34 g $MgCl_2$ in 1000 g $H_2O$ | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Temperatur | Angewandte Keime | Versuch Nr. | Calcit Kryst. usw.[1] | Calcit Sphärolithe | Aragonit | Vaters Modif. | $CaCO_3+6H_2O$ | Versuch Nr. | Calcit Kryst. usw.[1] | Calcit Sphärolithe | Aragonit | Vaters Modif. | $CaCO_3+6H_2O$ | Temperatur | Angewandte Keime | Versuch Nr. | Calcit Kryst. usw.[1] | Calcit Sphärolithe | Aragonit | Vaters Modif. | $CaCO_3+6H_2O$ | Versuch Nr. | Calcit Kryst. usw.[1] | Calcit Sphärolithe | Aragonit | Vaters Modif. | $CaCO_3+6H_2O$ | Temperatur |
| 0° | Arag. | 9 | ††[2] | | | ††† | | | | | | | | 0° | Arag. | 32 | ††[2] | | | (†)[2] | †† | 37 | ††[2] | | | †[2] | †† | 0° |
| | — | 10 | †[2] | | | | †††† | | | | | | | | — | 33 | | ††[2] | | | ††† | 38 | †[2] | †[2] | | †[2] | †† | |
| | Calcit | 11 | †††[2] | | | †[2] | † | | | | | | | | Calcit | 34 | ††††[2] | | | (†)[2] | | 39 | ††††† | | | †† | | |
| | Arag. | | | | | | | | | | | | | | Arag. | 35 | †††† | | | † | | 40 | ††† | | | | | 11°-15° |
| 11°-15° | — | 12 a/b | (†)[2] | ††††[2] | | (†)[2] | †††† | 23 | | †††† | | † | | -11° 15° | — | 36 | † | ††† | | | (†) | 41 | †† | †† | | † | | |
| | Calcit | 13 | | †††††[2] | | †† | | | | | | | | | Calcit | | | | | | | | | | | | | |
| | Arag. | 14 | ††† | | | (†)[2] | †††† | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15°-17° | — | 15 a/b | (†)[2] | †††[2] †[2] | | (†) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Calcit | 16 | †††† | | | †† | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Arag. | 17 | ††† | | | †† | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 17°-18,5° | — | 18 | | ††† | | (†) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Calcit | 19 | †††† | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Arag. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 29° | — | 20 | | †† | | ††† | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Calcit | 21 | ††† | | | (†) | † | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Arag. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 34,5° -35,5° | — | 22 | †† | | | ††† | (†) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Calcit | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Langsame Abscheidung | | | | | | | | | | | | | | Langsame Abscheidung | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | — | 24 | †† | | | ††† | | 25 | ††† | | | †† | | 100 | — | | | | | | | 42 | | ††††† | | | | 100 |

1) D. i. Calcit in Form von Rhomboëdern, Prismen oder sonstigen, einheitlich auslöschenden Körnern, z. T. auch in Sphärolithoiden.
2) Wahrscheinlich secundär entstanden durch Zerfall ursprünglich gebildeter Krystalle des $CaCO_3+6H_2O$. Die Calcit-Sphärolithe sind vielleicht auf dem Umwege über die Vatersche Modification als echte Paramorphose entstanden, also möglicherweise tertiär.

zu rundlichen, richtungsloskörnigen Calcitaggregaten bieten eine auf experimentellem Wege erhaltene Bestätigung für die Ansicht von Linck[1]) über die anorganogene Bildung von Sphärolithen, und berechtigen wohl dazu, jene spindelförmigen usw. Gebilde als »Sphärolithembryonen« diese rundlichen Calcitaggregate als »Sphärolithoide« zu bezeichnen.

4. Die Beschleunigung der Abscheidung aus Bicarbonat hat, infolge der ungünstigen Löslichkeitsverhältnisse des Calciumcarbonates und infolge der langsamen Einstellung des Gleichgewichtes, für das Auftreten metastabiler Phasen des $CaCO_3$ nicht entfernt die Bedeutung wie für leichter lösliche Substanzen. Daher ist auch die Wirkung der Keime nur eine beschränkte gewesen. Um so schwieriger war es hier, wirklich gleiche Versuchsbedingungen einzuhalten. Wie sich ein überempfindlicher Mensch durch für andere unmerkliche Reize oft in unberechenbarer Weise bestimmen läßt, so wird die Abscheidung des $CaCO_3$ durch die geringfügigsten Anlässe in erheblichstem Maße beeinflußt; vielfach Anlässe, die bisher überhaupt nicht festgestellt werden konnten. Beweis dafür ist zum Beispiel die an keinem anderen Minerale beobachtete ungeheuere Vielgestaltigkeit des Calcits, ferner die schon oben erwähnten Erfahrungen Vaters.

---

Vorstehende Arbeit wurde im mineralogischen Institute der Universität Jena auf Anregung des Herrn Geh. Hofrat Prof. Dr. G. Linck ausgeführt. Ihm bin ich für seine freundliche Anteilnahme und Unterstützung zu großem Danke verpflichtet.

---

## Erklärung der Tafel I.

### Die Ausbildungsformen des Aragonits.

Fig. 1: Spindelförmige Nadeln und desgl. Bündel, zum Teil gekreuzt, »Sphärolithembryonen«. Zwischen gekreuzten Nicols; ca. 150fach vergr.

Fig. 2: Spindel- bis zwiebelförmige Nadelbündel, zum Teil sternförmig gekreuzt, übergehend in garbenförmige Aggregate mit Andeutung des Interferenzkreuzes am Rande. Zw. gekr. Nicols; ca. 150fach vergr.

Fig. 3: Blumenkohlähnliche Sphärolithe, mit Tinte gefärbt. Daneben gerundete kurzprismatische Körner von Calcit. ca. 125fach vergr.

### Sphärolithitische Ausbildung des Calcits.

Fig. 4: Sphärolithe und Axiolithe. Zw. gekr. Nicols. ca. 125fach vergr.

Fig. 5: Sphärolithe, globigerinenartig gehäuft. ca. 60fach vergr.

Fig. 6: Sphärolithe mit dunklem Kerne nach Behandlung mit *Co*-Lösung. ca. 125fach vergr.

Fig. 7: Dasselbe, zw. gekr. Nicols. ca. 125fach. vergr.

---

1) Über die Entstehung der Dolomite, a. a. O. S. 234f.; Über die Bildung der Kalksteine, a. a. O. S. 691, und Über die Bildung der Oolithe und Rogensteine, Jenaische Zeitschr. f. Naturw. 1909, **45**, 267—278.

Krystalle des wasserhaltigen Kalkes $CaCO_3 + 6\,H_2O$.

Fig. 8: Flach tafelförmig nach $c(001)$; zum Teil mit erkennbaren Flächen $b(010)$, $o(\bar{1}11)$, $r(\bar{1}01)$. ca. 75fach vergr.

Fig. 9: Beginnende Zersetzung in Wasser: Bildung von Streifen und Flecken und Auftreten kleiner Rhomboëder. Zwischen gekr. Nicols. ca. 135fach vergr.

Fig. 10: Fortschreitende Zersetzung in Wasser: Bildung von Höhlen mit größeren Rhomboëdern in deren Mitte. Zw. gekr. Nicols. ca. 75fach vergr.

(Fig. 9 und 10: Teilweise unscharf wegen fortschreitender Veränderung während der Aufnahme).

# V. Auszüge.

**1. W. P. Blake** (in Tucson): **Turmalin von Crown Point, N. Y.** (Am. Journ. Sci. 1908, **25**, 123—124).

Hellbraune Turmalinkrystalle finden sich eingebettet in concretionäres Calciumphosphat. Sie zeigen in guter Ausbildung die Flächen von *a*, kleiner jene von *m*. Die Endflächen gehören zu den Formen *y*, *r*, *t*, *u*, *e*, *o*, *x* und *v*.

Ref.: W. E. Ford.

**2. B. B. Boltwood** (in New Haven): **Die Radioactivität der Uranmineralien** (Ebenda 269—298).

Es wurde für verschiedene Uranmineralien — Uraninit von Branchville, Conn., von Spruce Pine, N. C., von Joachimsthal, Sachsen und Colorado, Carnotit von Colorado und Thorianit von Ceylon — die relative Menge der gesamten Radioactivität, entsprechend jedem einzelnen activen Bestandteile, bestimmt.

Ref.: W. E. Ford.

**3. T. L. Walker** (in Toronto): **Über die Mineralien Tungstit und Meymacit** (Ebenda 305—308).

Wolframoxyd findet sich in der Nähe von Salmo, Britisch Columbia, in kleinen Massen auf Goldquarzgängen. Das Mineral besitzt eine goldgelbe Farbe und bildet in den Drusen winzige Krystalle. Begleiter sind Quarz, Wolframit, Scheelit und Gold. Die Dichte ist 5,517; Härte 2,5. Der Glanz erscheint harzig, auf der vollkommenen Spaltbarkeit perlmutterartig. Licht- und Doppelbrechung sind schwach. Spaltungsplatten lassen eine Interferenzfigur mit einer spitzen Bisectrix senkrecht zu ihrer Ebene erkennen. Für die Messung sind die Krystalle zu klein. Zwecks einer Analyse wurde das Mineral mit Soda behandelt; der lösliche Teil wurde analysiert. Vom gesamten Wassergehalte wurde ein Teil abgezogen, welcher der geringen Menge Limonit entspricht. Es ergab sich auf diesem Wege die Formel $WO_3.H_2O$. Tungstit und Meymacit sind wahrscheinlich identisch; das unter dem letzteren Namen beschriebene Mineral weist nur nach den vorliegenden Analysen größere Schwankungen im Wassergehalte auf.

Ref.: W. E. Ford.

**4. F. R. van Horn** (in Cleveland): **Ein neues Vorkommen von Proustit und Argentit** (Ebenda 507—508; Bull. Geol. Soc. Am. 1908, **19**, 93).

Proustit und Argentit finden sich in dichter Form neben Quarz, Bleiglanz,

Zinkblende auf einem Gange der California-Grube am Glacier-Mountain in der Nähe von Montezuma, Summit Co., Colorado. J. C. Sharp erhielt bei einer Analyse: Proustit 67,60 *Ag*, 13,85 *As*, 0,93 *Sb*, 17,40 *S*, Summe 99,78; Argentit 86,71 *Ag*, 13,13 *S*, Summe 99,84.

Ref.: W. E. Ford.

**5. N. N. Evans** und **J. A. Bancroft** (in Montreal): **Das Vorkommen von Gedrit in Canada** (Am. Journ. Sci. 1908, **25**, 509—512).

Die unter dem Namen Gedrit bekannte thonerdereiche Varietät des Anthophyllit wurde neuerdings in einem Amphibolit im Stadtgebiete von Harcourt in der Provinz Ontario (Bezirk IX, Abteilung II) gefunden. Der Amphibolit gehört einer dunkeln basischen Abart an und besteht zum großen Teile aus Anthophyllit und Granat neben Cordierit und etwas Quarz, Biotit, Eisenerz und Rutil. Der Anthophyllit bildet langgestreckte dünne Krystalle ohne Endflächen. An einem Spaltungsprisma wurde ein Winkel von $54^0 41'$ gemessen. Das Mineral ist optisch negativ; der Pleochroismus ist $X =$ blaßgelb, $Y =$ bräunlichgelb und $Z =$ bläulichgrau. Die Absorption ist $Z > Y > X$. Sorgfältig ausgewähltes Material gab bei der Analyse: 44,32 $SiO_2$, 16,04 $Al_2O_3$, 2,80 $Fe_2O_3$, 16,88 $FeO$, 0,09 $MnO$, 0,77 $CaO$, 15,95 $MgO$, 1,31 $H_2O$, 1,86 $K_2O + Na_2O$, Summe 100,02. Die daraus sich berechnenden Verhältniszahlen entsprechen der von Rammelsberg vorgeschlagenen Formel $4RSiO_3 + Al_2O_3$, worin $R = Mg, Fe, H_2$. Es liegt hier anscheinend das erste beobachtete Vorkommen von Gedrit und Cordierit in Canada vor.

Ref.: W. E. Ford.

**6. B. Prescott** (in Palo Alto): **Ilvait aus Shasta Co., Californien** (Ebenda **26**, 14—16).

An den Seiten eines kleinen Dioritganges, welcher Kalkstein bei Potter Creek, Californien, durchsetzt, fand sich das Mineral in schmalen Bändern. Nur an einer Stelle wurde krystallisierter Ilvait angetroffen. Die an beiden Enden und gleichmäßig ausgebildeten Krystalle erreichten in ihrer größten Ausdehnung 7 bis 8 mm. Die beobachteten Formen sind $m\{110\}$, $s\{120\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$, $r\{101\}$ und die zweifelhafte neue Form $\{890\}$; es ist $(890) : (120) = 16^0 16'$ (ber.), während die Messung $16^0 15'$ ergab. Die Analyse lieferte: 18,09 $SiO_2$, 0,32 $Al_2O_3$, 20,80 $Fe_2O_3$, 29,93 $FeO$, 3,24 $MnO$, 15,89 $CaO$, 0,18 $MgO$, 0,13 $Cr_2O_3$, 1,62 $H_2O$.

Ref.: W. E. Ford.

**7. E. T. Allen** und **J. K. Clement** (in Washington): **Die Rolle des Wassers im Tremolit und einigen anderen Mineralien** (Ebenda 101—118).

An fünf verschiedenen Proben von Tremolit konnte ein Wassergehalt von 1,7—2,5 % festgestellt werden. Das Wasser geht allmählich mit steigender Temperatur weg ohne Verlust der Homogenität und unter geringer Änderung der optischen Eigenschaften. Es wird deswegen angenommen, daß das Wasser nicht chemisch gebunden ist, obwohl der gesamte Gehalt auch im gepulverten Zustande unterhalb $900^0$ nicht vollständig weggeht. Im Tremolit wird auf Grund dieses Verhaltens eine feste Lösung vermutet. Dieselben Resultate ergaben sich bei Diopsid, Kupfferit und Beryll.

Ref.: W. E. Ford.

**8. H. S. Washington** (in Locust, N. J.): **Kaersutit von Linosa und Grönland** (mit optischen Untersuchungen von **F. E. Wright**) (187—211).

Unter den Lapilli eines kleinen parasitischen Kegels des Monte Rosso auf der Insel Linosa fanden sich Amphibolkrystalle neben Bruchstücken eines weißen glasigen Feldspathes. Die Hornblende ist durch hohen Gehalt an Titan ausgezeichnet und ähnlich dem Kaersutit. Sie bildet schlecht begrenzte Krystalle und Bruchstücke; sie sind 5—20 mm lang und 3—8 mm dick. Die Begrenzung bilden die Formen $m\{110\}$ und $b\{010\}$; selten fanden sich $p\{\bar{1}01\}$ und $r\{011\}$. An einem Spaltprisma ergab sich der Winkel $55^0 22'$. Spec. Gewicht 3,336. Die Farbe des Minerals ist intensiv schwarz, im durchfallenden Lichte braun. Der starke Pleochroismus ist: $\mathfrak{c}$ = dunkelbraun, $\mathfrak{b}$ = braun, $\mathfrak{a}$ = blaßolivbraun oder olivgrün; Absorption: $\mathfrak{c} > \mathfrak{b} > \mathfrak{a}$. Auf $\{110\}$ ist die Auslöschung $c : \mathfrak{c} = +1,4^0$ (im spitzen Winkel $\beta$ bei Aufstellung nach Tschermak). Doppelbrechung negativ; Ebene der optischen Axen ist $b\{010\}$. Die Brechungsindices für $Na$ = Licht sind

$$\alpha = 1,692;\ \beta = 1,730;\ \gamma = 1,760;\ 2V = 79^0 54'.$$

Auch der eigentliche Kaersutit von Kaersut, Halbinsel Nugsuak, Umanak Fjord, Grönland, wurde untersucht. An einem Spaltungsprisma wurde gemessen $55^0 35'$. Spec. Gew. 3,137 bei $25^0$. Auslöschung auf $\{110\}$ $c : \mathfrak{c} = -7,8^0$ im stumpfen Winkel $\beta$ ($Na$ = Licht). Brechungsindices: $\alpha = 1,676$; $\beta = 1,694$; $\gamma = 1,708$; $2V = 82^0 6'$. Die Analysen für beide Vorkommen sind:

| | $SiO_2$ | $TiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $FeO$ | $MnO$ | $NiO$ | $MgO$ | $CaO$ | $Na_2O$ | $K_2O$ | $H_2O$ | $F$ | Summe: |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Linosa | 40,85 | 8,47 | 9,89 | 8,85 | 3,69 | 0,12 | 0,10 | 12,47 | 12,16 | 2,01 | 0,63 | 0,19 | 0,28 | 99,98 |
| Kaersut | 39,52 | 10,31 | 11,22 | 1,22 | 8,81 | 0,06 | — | 13,31 | 10,93 | 2,95 | 1,07 | 0,59 | — | 100,00* |

(* Umgerechnet nach Abzug von 0,77 % Apatit).

Die Analysen werden nach dem Vorgange von Penfield und Stanley (diese Zeitschr. **43**, 233) einer Discussion unterzogen. Wenn man bloß die basischen Radicale betrachtet, welche Penfield und Stanley angenommen haben, dann lassen sich die vorliegenden Analysen nicht in Übereinstimmung bringen mit dem Metasilicatverhältnisse; es bleibt ein Überschuß von $SiO_2$ über den Rest $\overset{II}{R}O$. Läßt man aber die von Tschermak angenommenen Radicale $Na(Fe,Al)Si_2O_6$ und $(Mg,Fe)(Fe,Al)_2Si_4O_{12}$ zu, dann läßt sich das Verfahren von Penfield weiter benutzen, wie folgt:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $[(Al,Fe)_2O_3(F,OH)_2]SiO_3$ | 0,017 | | 0,033 | |
| $[(Al,Fe)_2O_3R]SiO_3$ | 0,088 | | 0,026 | |
| $[(Al,Fe)_2O_3Na_2]SiO_3$ | — | | 0,044 | |
| $Na(Al,Fe)Si_2O_6$ | 0,039 | | 0,015 | |
| $(Mg,Fe)(Al,Fe)_2Si_4O_{12}$ | 0,009 | | — | |
| $(Mg,Fe)O$ | 0,273 | 0,490 | 0,429 | 0,624 |
| $CaO$ | 0,217 | | 0,195 | |
| Rest $SiO_2$ | | 0,490 | | 0,625 |

Penfield und Stanley fanden, daß $CaO$ sehr nahe 25 % der verschiedenen Radicale und Basen ausmacht. In der Hornblende von Linosa sind die Zahlen 33,8 %, in jener von Kaersut 26,3 %. Letzterer Wert kommt recht nahe einem Viertel, während der erstere einem Drittel der Radicale und Basen entspricht. Es ist deswegen zu vermuten, daß die Amphibolsäure eine Zahl von Wasserstoffatomen enthält, welche gleichzeitig durch 4 und 3 teilbar ist, etwa $H_{12}Si_6O_{18}$. Amphibole und Pyroxene, welche reich an Natrium und Thonerde

oder Eisenoxyd sind, besitzen einen starken Pleochroismus und zeigen ausgeprägte blaue oder intensiv rote oder braune Farben. Wenn wie bei Aktinolith oder gemeiner Hornblende (nach Penfield) Aluminium und Eisen in zweiwertigen Radicalen enthalten sind, dann ist die Färbung nicht intensiv. Diese Elemente scheinen die starke Färbung nur dann zu verursachen, wenn sie mit basischem Charakter im Moleküle vorhanden sind, wie hier für den Kaersutit angenommen wird.

Diese Amphibole gehören wohl mehr zur Gruppe der basaltischen Hornblenden als in die Arfvedsonitgruppe. Der hohe Gehalt an Titan fordert jedoch die Einreihung in eine Untergruppe, für welche die Bezeichnung Kaersutit gelten soll; ein typischer Vertreter ist das Mineral von Grönland. Die Hornblende von Linosa weicht etwas ab durch einen hohen Gehalt an Eisenoxyd und eine andere Auslöschungsschiefe. Diese Umstände könnten die Abtrennung einer weiteren Gruppe unter dem Namen Linosit veranlassen. Mit Rücksicht auf unsere gegenwärtige Kenntnis der Zusammensetzung der Amphibole hält jedoch Verf. diese Abtrennung nicht für ratsam und stellt das Mineral zum Kaersutit.

Ref.: W. E. Ford.

**9. F. E. Wright** (in Washington): **Drei Contactmineralien von Velardeña, Durango, Mexico (Gehlenit, Spurrit und Hillebrandit)** (Am. Journ. Sci. 1908, **26**, 545—554).

Die Mineralien fanden sich am Contact von Kalkstein gegen basischen Diorit im Grubenbezirk Velardeña in Mexico.

Gehlenit bildet dichte körnige Aggregate, bisweilen von bernsteingelber Farbe, gewöhnlich jedoch dunkelgrau gefärbt infolge von eingeschlossenem Magnetit. Die gerundeten Körner erlauben Messungen nicht. Mit Rücksicht auf eine unvollkommene Spaltbarkeit nach {001} und eine solche nach einem Prisma ist die Krystallform wahrscheinlich tetragonal. Der Bruch ist uneben und unregelmäßig, muschelig bis splitterig; Härte 5,5; Glanz harzartig bis fettig. Dünne Schichten sind durchsichtig bis durchscheinend, größere Massen opak. Dünnschliffe zeigen eine schwache Doppelbrechung bei relativ hoher Lichtbrechung; einaxig; Doppelbrechung negativ; $\omega - \varepsilon = 0{,}0055$. Die Brechungsindices sind für *Na*-Licht $\omega = 1{,}666 \pm 0{,}003$ und $\varepsilon = 1{,}661 \pm 0{,}003$. Spec. Gewicht bei 25° Mittelwert: 3,039. E. T. Allen fand bei der Analyse 26,33 $SiO_2$; 0,03 $TiO_2$; 27,82 $Al_2O_3$; 1,43 $Fe_2O_3$; 0,50 $FeO$; 0,01 $MnO$; 2,44 $MgO$; 39,55 $CaO$; 0,21 $Na_2O$; 0,10 $K_2O$; 1,85 $H_2O$; Summe 100,27. Die Analyse stimmt zu keiner einfachen Formel; ein Vergleich mit anderen Analysen führt zum Schlusse, daß im Gehlenit eine feste Lösung von verschiedenen Endgliedern anzunehmen ist.

Spurrit findet sich ebenfalls in körnigen Massen ohne Krystallflächen. Das Mineral weist zwei Spaltungsebenen auf, eine deutliche, und eine zweite, weit weniger vollkommene. Der Winkel zwischen beiden ist ungefähr 79°. Bruch uneben bis splitterig; spröde; Härte ungefähr 5; Glanz glasartig bis harzig; Farbe blaßgrau mit blauem oder gelbem bis farblosem Tone; durchsichtig bis durchscheinend; Strich weiß. Aus der Beziehung zwischen optischen und krystallographischen Eigenschaften folgt mit Wahrscheinlichkeit, daß der Spurrit monoklin krystallisiert und die Spaltflächen parallel der *b*-Axe liegen. Nimmt man die deutliche Spaltebene als Basis, dann ist die optische Orientierung die folgende: $\mathfrak{b} = a$ und $a : c$ sehr klein, fast gleich Null. Auch Zwillinge nach {001} und polysynthetische Zwillingsbildung nach Orthodomen kommen vor; der Winkel zwischen den Zwillingslamellen und der Zwillingsgrenze nach der Basis beträgt 56°

bis 58°. Die Lamellen sind oft außerordentlich fein und sehr ähnlich denen beim Albit. An einem Dünnschliffe fast genau senkrecht zur spitzen Bisectrix wurde der Winkel zwischen der optischen Axenebene und den feinen Lamellen zu $57\frac{1}{2}^0$ (*Na*-Licht) gemessen. Die Dispersion c(rot) : c(grün) in der Symmetrieebene beträgt ca. 0,15°. Die Dispersion der optischen Axen ist gering: $\varrho > v$. $2V = 39{,}5^0 \pm 1^0$; $2E = 70^0$. Die Brechungsindices sind $\alpha = 1{,}640 \pm 0{,}002$; $\beta = 1{,}674 \pm 0{,}002$; $\gamma = 1{,}679 \pm 0{,}002$ (*Na*-Licht). Im Dünnschliffe erkennt man den Spurrit an seiner hohen Doppelbrechung, der unvollkommenen Spaltbarkeit, dem kleinen optischen Axenwinkel und dem negativen Charakter; dickere Platten zeigen die gekreuzte Dispersion. Vor dem Lötrohr zeigt das Mineral eine starke Calciumflamme; es verliert seinen Glasglanz, wird weiß und porzellanartig, aber schmilzt selbst in kleineren Splittern nicht. Mit verdünnter Salzsäure quillt der Spurrit auf und wird vollständig gelatinös. Das spec. Gewicht ist 3,014 bei 25°. E. T. Allen erhielt bei der Analyse 26,96 $SiO_2$; 0,01 $TiO_2$; 0,39 $Al_2O_3$; 0,11 $Fe_2O_3 + FeO$; 0,03 $MnO$; 0,23 $MgO$; 62,34 $CaO$; 0,05 $Na_2O$; Spur $K_2O$; 9,73 $CO_2$; Summe 99,85.

Diese Analyse führt auf die Formel $2Ca_2SiO_4 . CaCO_3$, entsprechend deren theoretischer Zusammensetzung 27,13 $SiO_2$, 62,98 $CaO$, 9,89 $CO_2$.

Das Mineral ist nach seinem Entdecker, Herrn J. E. Spurr benannt.

Hillebrandit ist faserig und bildet radialstrahlige Aggregate. Nach den optischen Eigenschaften gehört er dem rhombischen Systeme an. Spaltbarkeit wahrscheinlich nach {110}; spröde; Härte ca. 5,5; spec. Gewicht 2,692; Farbe porzellanweiß, oft mit zartem blaßgrünem Tone; Lichtbrechung ungefähr 1,61; Doppelbrechung negativ, schwach bis mittelstark; Axenwinkel mittelgroß; Dispersion stark; $v > \varrho$. E. T. Allen analysierte das Mineral mit folgenden Ergebnissen: 32,59 $SiO_2$; 0,02 $TiO_2$; 0,23 $Al_2O_3$; 0,15 $Fe_2O_3 + FeO$; 0,01 $MnO$; 0,04 $MgO$; 57,76 $CaO$; 0,03 $Na_2O$; 0,05 $K_2O$; 9,36 $H_2O$; Summe 100,24. Die daraus sich ableitende Formel $Ca_2SiO_4 . H_2O$ gibt die berechnete Zusammensetzung 31,74 $SiO_2$, 58,81 $CaO$, 9,45 $H_2O$. Salzsäure scheidet etwas Kieselsäure ab; das Übrige geht in Lösung. Das Mineral schmilzt schwer zu einer farblosen glasigen Perle und zeigt die *Ca*-Flamme. Es ist nach Herrn W. F. Hillebrand benannt.

Ref.: W. E. Ford.

**10. A. S. Eakle** (in Berkeley, Californien): **Über einige Mineralien aus Californien** (University of California Publications, Geol. Bull. 1908, **5**, 225—233).

1) Linarit, Caledonit, Brochantit und Anglesit aus dem Cerro Gordo District, Inyo County. Der Linarit ist charakterisiert durch radialstrahlige Aggregate dünnblätteriger Krystalle, welche in der Richtung der *b*-Axe verlängert sind. Gute Krystalle mit Endflächen findet man manchmal in Hohlräumen. Es konnten folgende Formen festgestellt werden (orientiert nach Dana): $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $l\{210\}$, $o\{\bar{2}03\}$, $s\{\bar{1}01\}$, $x\{\bar{3}02\}$, $u\{\bar{2}01\}$, $w\{012\}$, $r\{011\}$, $q\{\bar{1}12\}$, $g\{\bar{2}11\}$; neu sind $i\{\bar{7}16\}$, $k\{211\}$, $h\{14.0.1\}$?. Die Winkel hierzu sind:

| | Beobachtet: | | Berechnet: | |
|---|---|---|---|---|
| | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ |
| $i\{\bar{7}16\}$ | 67°58′ | 19°40′ | 68°40′ | 20°19′ |
| | 68 33 | 20 54 | — | — |
| $k\{211\}$ | 55 42 | 55 29 | 55 40 | 55 47 |
| | 55 34 | 55 33 | — | — |
| $h\{14.0.1\}$ | 81 8 | 90 0 | 81 19 | 90 0 |

Ein Krystall war ein Zwilling nach $a\{100\}$.

Caledonit bildet kleine glänzende Krystalle von tief smaragdgrüner Farbe. Sie sind nach der $a$-Axe verlängert; Basis und Klinopinakoid sind gleichgroß. Es wurden folgende Formen beobachtet: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $x\{201\}$, $\delta\{021\}$, $e\{011\}$, $\psi\{013\}$, $t\{221\}$, $r\{111\}$, $s\{223\}$, neu $o\{014\}$ und $n\{203\}$. Für die letzteren wurde ermittelt:

| | Beobachtet: | | Berechnet: | |
|---|---|---|---|---|
| | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ |
| $o\{014\}$ | $0^0$ | $19^0 34'$ | $0^0$ | $19^0 23'$ |
| $n\{203\}$ | 90 | 45 32 | 90 | 45 37 |

Brochantit findet sich in winzigen smaragdgrünen Krystallen neben Caledonit. Es sind dünne Tafeln nach $b\{010\}$, verlängert nach der $a$-Axe. Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $r\{120\}$, $e\{012\}$, $i\{011\}$, $v\{101\}$; neu $g\{041\}$. Die Winkel sind:

| | Beobachtet: | | Berechnet: | |
|---|---|---|---|---|
| | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ |
| $g\{041\}$ | $0^0$ | $62^0 35'$ | $0^0$ | $63^0 0'$ |

Kleine farblose Anglesitkrystalle neben Bleiglanz sind häufig. Sie erscheinen etwas abgeflacht nach der Basis und verlängert in der Richtung der $a$-Axe. Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $l\{104\}$, $z\{111\}$, $y\{122\}$, $o\{011\}$.

2) Cölestin aus San Bernardino County. Das Mineral ist begleitet von Colemanit. Es bildet gewöhnlich breite Tafeln nach der Basis bei parallelen Verwachsungen. Bei einer anderen Ausbildungsweise sind die Krystalle prismatisch nach der $a$Axe verlängert; die Hauptformen dabei sind $o\{011\}$ und $y\{122\}$. An beiden Typen zusammen wurden folgende Formen beobachtet: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $d\{102\}$, $l\{104\}$, $o\{011\}$, $y\{122\}$, neu $P\{067\}$.

| | Beobachtet: | | Berechnet: | |
|---|---|---|---|---|
| | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ |
| $P\{067\}$ | $0^0$ | $47^0 31'$ | $0^0$ | $47^0 35'$ |

3) Antimonglanz von Holister, San Benito County. Die Krystalle zeigen die Formen $b\{010\}$, $m\{110\}$, $q\{130\}$, $n\{210\}$, $h\{310\}$, $k\{430\}$, $s\{113\}$, $\delta\{4.5.11\}$ und neu $y\{102\}$.

| | Beobachtet: | | Berechnet: | |
|---|---|---|---|---|
| | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ |
| $y\{102\}$ | $90^0 0'$ | $27^0 20'$ | $90^0 0'$ | $27^0 9'$ |

4) Enargit von Alpine County. Krystalle aus der Grube »Morning Star« zeigten eine Anzahl von Formen, welche z. T. für das Vorkommen neu sind. Die Formen sind: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $l\{130\}$, $k\{101\}$, neu $f\{250\}$.

| | Beobachtet: | | Berechnet: | |
|---|---|---|---|---|
| | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ |
| $f\{250\}$ | $24^0 43'$ | $90^0 5'$ | $24^0 40'$ | $90^0$ |

5) Arcanit von Orange County. Kleine gelbliche Tafeln aus Schacht Nr. 1 der Santa Ana Tin Mining Company in Trabuco Cañon fanden sich 250 Fuß unter der Oberfläche in einem Stücke Kiefernholz, welches sechs Monate im Jahre teilweise unter Wasser taucht. Der Schacht befindet sich in schwarzem Schiefer,

welcher Sulfide enthält; die Wände sind mit winzigen Krystallen und Inkrustationen von Sulfaten und Carbonaten überzogen. Es wurden beobachtet $c\{001\}$, $o\{111\}$, $s\{112\}$ und $e\{102\}$. Ref.: W. E. Ford.

**11. O. C. Farrington** und **E. W. Tillotson** (in Chicago): **Über verschiedene Mineralien aus der Sammlung in Chicago** (Field Columbian Museum, Geol. Ser. 1908, **3**, 131—163).

Anglesit vom Tintic-District, Utah, in Krystallen von verschiedener Ausbildung, tafelig, prismatisch und pyramidal. Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $M\{410\}$, $\delta\{230\}$, $n\{120\}$, $o\{011\}$, $d\{102\}$, $l\{104\}$, $r\{112\}$, $x\{111\}$, $r\{221\}$, $p\{325\}$, $y\{122\}$, $\mu\{124\}$.

Baryt von Cartersville, Georgia; die Krystalle sind in Ocker eingebettet und bilden gewöhnlich Gruppen, oft einen Fuß lang. Die einzelnen Individuen sind tafelig nach $c\{001\}$. Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $n\{120\}$, $\chi\{130\}$, $\lambda\{210\}$, $o\{011\}$, $x\{111\}$, $f\{113\}$, $q\{114\}$, $y\{122\}$.

Bertrandit von Albany, Maine. Kleine, meist farblose Krystalle aus einem körnigen Pegmatit im nördlichen Teile des Stadtgebietes von Albany; Tafeln nach $c\{001\}$. Die beobachteten Formen sind $c\{001\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $f\{130\}$, neu $\{203\}$.

Calamin von Leadville, Colorado, in kleinen Krystallen aus der Grube Maid of Erin mit den Formen $b\{010\}$ (herrschend), $m\{110\}$, $t\{301\}$, $s\{101\}$,

Calcit vom Joplin-District, Missouri, in Zwillingen nach $e\{01\bar{1}2\}$. Die Ausbildung ist prismatisch bei herrschendem $r\{10\bar{1}1\}$ und $\{51\bar{6}1\}$. Auch die Formen $\{54\bar{9}1\}$, $\{52\bar{7}3\}$, $\{72\bar{9}5\}$, $\{12\bar{3}5\}$ und $\{23\bar{5}2\}$ wurden beobachtet. Ein Zwilling nach $c\{0001\}$ zeigte herrschend $\{05\bar{5}3\}$ und $\{01\bar{1}2\}$. An einem weiteren Zwillinge nach $e\{01\bar{1}2\}$ fanden sich auch $f\{02\bar{2}1\}$, $M\{40\bar{4}1\}$, $t\{21\bar{3}4\}$, $v\{21\bar{3}1\}$, $E\{41\bar{5}6\}$, neu $\nu\{11.4.\bar{15}.3\}$.

Calcit von Bellevue, Ohio, mit Pyramiden, darunter herrschend $\gamma\{8.8.\bar{16}.3\}$. Andere Formen sind $\alpha\{44\bar{8}3\}$, $\pi\{11\bar{2}3\}$; neu ist das Scalenoëder $v\{20.11.\bar{31}.11\}$.

Epsomit von Wilcox Station, Wyoming, in kurzprismatischen Krystallen, bis 31 × 23 mm groß. Formen: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $z\{111\}$ und $z'\{\bar{1}11\}$.

Leadhillit von Schultz, Arizona. Ein würfelähnlicher Krystall mit 2,5 cm Kantenlänge ähnelt in seinen Winkeln dem rhomboëdrischen Susannit, ist jedoch zweiaxig; negativ; $\varrho < v$. Die auftretenden Formen sind wahrscheinlich $t\{112\}$ und $f\{\bar{1}01\}$.

Linarit von Eureka, Utah. Auf Grund von Messungen wurden folgende Formen festgestellt: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $r\{011\}$, $x\{\bar{3}02\}$, $u\{\bar{2}01\}$, $g\{\bar{2}11\}$, neu $\delta\{10.0.9\}$, $\varphi\{\bar{9}.0.10\}$ und $f\{\bar{5}23\}$.

| | Beobachtet: | Berechnet: |
|---|---|---|
| $c : \delta$ | $= 24^0 32'$ | $25^0\ 8'$ |
| $c : \varphi$ | $= 25\ 15$ | $25\ 23$ |
| $m : f$ | $= 52\ 45$ | $52\ 40$ |

Mimetesit von Utah, Nevada. Nadelige Krystalle mit den Formen $m\{10\bar{1}0\}$, $x\{10\bar{1}1\}$ und $c\{0001\}$.

Anatas vom Jequitinhonha River, Brasilien. Pyramidale Krystalle, oft mit anscheinend hemimorpher Ausbildung und den Formen $c\{001\}$, $G\{104\}$, $p\{111\}$, $r\{115\}$, $v\{117\}$, $S_2\{5.1.19\}$, neu $M\{338\}$. $M : c = 43^0 51'$ beob., $43^0 18'$ ber.

Olivenit vom Tintic-District, Utah, mit den Formen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $v\{101\}$, $c\{011\}$, neu $S\{034\}$ und $d\{025\}$.

| | Beobachtet: | Berechnet: |
|---|---|---|
| $e : s$ | $= 7^0 50'$ | $7^0 15'$ |
| $d : d$ | $= 32\ 45$ | $32\ 20$ |

Aus den Winkeln $m : m = 87^0 28'$ und $e : e = 69^0 18'$ berechnet sich das folgende Axenverhältnis $a : b : c = 0{,}9587 : 1 : 0{,}6911$.

Auripigment von Mercur, Utah. Außergewöhnlich große Krystalle (20 mm × 17 mm) mit großem $v\{\bar{3}43\}$. Die beobachteten Formen sind $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $u\{120\}$, $o\{101\}$, $c\{103\}$, $v\{\bar{3}43\}$, $v\{\bar{1}21\}$, $q\{\bar{1}49\}$, $k\{\bar{1}23\}$, $i\{243\}$, neu $d\{\bar{1}03\}$, $l\{023\}$, und $n\{\bar{1}33\}$.

| | Beobachtet: | Berechnet: |
|---|---|---|
| $e : d$ | $= 40^0 58'$ | $41^0 32'$ |
| $b : l$ | $= 65\ 23$ | $66\ \bar{5}$ |
| $b : n$ | $= 59\ 45$ | $58\ 21$ |
| $o : n$ | $= 70\ 35$ | $72\ 22$ |

Phenakit von North Chatham, New Hampshire. Einfache rhomboëdrische Krystalle mit vorherrschendem $r\{10\bar{1}1\}$. Andere Formen sind $m\{10\bar{1}0\}$, $a\{11\bar{2}0\}$, $d\{01\bar{1}2\}$, $p\{11\bar{2}3\}$, $s\{21\bar{3}1\}$ und $s_1\{3\bar{1}\bar{2}1\}$.

Realgar von Mercur, Utah. Kleine, glänzende, prismatische Krystalle mit den Fomen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $r\{012\}$, $y\{032\}$, $x\{\bar{1}01\}$, $z\{\bar{2}01\}$, $h\{610\}$, $l\{210\}$, $\beta\{320\}$, $w\{430\}$, $\eta\{650\}$, $m\{110\}$, $v\{230\}$, $\mu\{120\}$, $\delta\{250\}$, $f\{212\}$, $e\{\bar{1}11\}$, $n\{\bar{2}12\}$.

Rutil vom Jequitinhonha River, Brasilien. Zwillinge nach $\{301\}$ mit den Formen $h\{210\}$ und $e\{101\}$.

Zinkblende von Tuckahoe, Missouri. Gerundete Krystalle von tetraëdrischer Ausbildung, mit den wahrscheinlichen Formen $a\{100\}$, $o\{111\}$, $p\{2\bar{2}1\}$. Bei letzterer Form fehlen gewöhnlich einige Flächen.

Vivianit von Silver City, Idaho. Ein ungewöhnlich großer durchscheinender Krystall (3,5 cm × 1,7 cm × 1,1 cm) von schöner Färbung zeigt die Formen $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $w\{\bar{1}01\}$ und $v\{\bar{1}11\}$. Ref.: W. F. Ford.

**12. H. F. Keller** (in Philadelphia): **Einige Kupfermineralien aus Chile** (Proc. Am. Phil. Soc. 1908, 47, 79).

Dichter amorpher kupferhaltiger Psilomelan von Huiquintipa, Prov. Tarapaca, Chile, besitzt muscheligen Bruch, bläulichschwarze Farbe und einen leberbraunen Strich. Härte 3—4; spec. Gewicht 3,683. Die Analyse ergab im Mittel: 69,65 $MnO$, 6,02 $CuO$, 0,52 $CoO$, 0,41 $BaO$, 1,96 $Fe_2O_3$, 1,97 $Al_2O_3$, 5,21 $H_2O$, 14,14 $O$; Summe 99,88.

Chalkanthit und ein Doppelsulfat von Kupfer und Magnesium. Chalkanthit fand sich in gerundeten Massen auf einem Handstücke von Copaquire; Begleiter ist ein Doppelsulfat von Kupfer und Magnesium mit bläulichweißer Farbe. Die Zusammensetzung stimmt nahezu mit der Formel $(Cu, Mg)SO_4 . 5H_2O$, wobei $CuSO_4 : MgSO_4$ fast gleich 1 : 2 ist. Zwei Analysen geben im Mittel 35,70 $SO_3$, 12,43 $CuO$, 11,39 $MgO$, 1,01 $FeO$, 0,32 $MnO$, 0,06 $NiO$, 38,38 $H_2O$; Summe 99,29.

Brochantit (?) mit Gehalt an Arsensäure. Nach einer unvollständigen Analyse scheint ein Brochantit mit 2,35 % Arsensäureanhydrid vorzuliegen. Das Mineral findet sich in nadeligen Krystallen neben Quarz bei Copaquire in Chile.

Atakamit in verhältnismäßig großen Krystallen von Paposo, Prov. Antofagasta, Chile; von oktaëdrischer Ausbildung. Die Analyse ergab: 16,51 *Cl*, 14,79 *Cu*, 55,28 *CuO*, 12,42 $H_2O$, 0,79 unlöslich; Summe 99,79.

Ref.: W. E. Ford.

**13. Wirt Tassin** (in Washington): **Calciumsulfid (Oldhamit) im Allegan-Meteoriten** (Proc. U. S. Nat. Mus. 1908, 34, 433—434).

Ein Teil dieses Meteoriten wurde mit folgenden Resultaten analysiert: 9,12 *Ca*, 7,30 *S*, 39,95 $SiO_2$, 0,09 $Al_2O_3$, 14,40 *FeO*, 29,40 *MgO*. Daraus berechnet sich eine Olivin-Enstatitmischung mit 16,66 % Calciumsulfid. Oldhamit konnte mikroskopisch nicht festgestellt werden.

Ref.: W. E. Ford.

**14. Derselbe: Chromeisenstein in Meteoriten** (Ebenda 685—690).

Die folgenden Analysen beziehen sich auf Chromeisenstein aus Meteoriten:

| | I. | II. | III. | IV. | V. | VI. | VII. | VIII. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $Cr_2O_3$ | 65,01 | 64,91 | 65,49 | 61,39 | 56,73 | 5,20 | 63,40 | 56,70 |
| $Al_2O_3$ | 9,95 | 9,85 | — | 1,96 | 2,98 | 65,25($Fe_2O_3$) | 5,30 | 12,38 |
| *FeO* | 18,97 | 17,97 | 33,00 | 30,46 | 29,64 | 30,05 | 26,30 | 27,60 |
| *MgO* | 5,06 | 4,96 | 0,40 | 6,70 | 2,42 | — | 5,00 | 4,00 |
| $SiO_2$ | — | 1,38 | 0,50 | — | — | — | — | $TiO_2$ Spur |

I. Meteorit von Mount Vernon, krystallinisch; II. Meteorit von Mount Vernon, körnig; III. Meteorit von Admire; IV. Meteorit von Marjalahti; V. Meteorit von Hendersonville; VI. und VII. Meteorit von Cañon Diablo; VIII. Meteorit von Allegan.

Ref.: W. E. Ford.

**15. D. B. Sterrett** (in Washington): **Meerschaum in Neu-Mexico** (U. S. Geol. Surv. 1908, Bull. 340, 166).

Zwei Lager von Meerschaum finden sich im Tale des oberen Gila River in Grant County, Neu-Mexico. Hierauf beziehen sich die folgenden Analysen (Nr. I von G. Steiger, Nr. II von W. T. Schaller):

| | $SiO_2$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | *MgO* | *CaO* | $CO_2$ | $H_2O$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I. Dorsey Mines | 57,10 | 0,58 | Spur | 27,16 | 0,17 | 0,32 | 14,78 | = 100,11 |
| II. Sapillo Creek | 60,97 | 9,71 | | 10,00 | 0,22 | — | 19,14 | = 100,04 |

Ref.: W. E. Ford.

**16. H. S. Gale** (in Washington): **Carnotit und seine Begleiter im Western Routt County, Colorado** (Ebenda 257).

Ein neues Vorkommen von Carnotit wurde im Routt County entdeckt, ungefähr 60 Meilen westlich von dem ähnlichen Vorkommen im Rio Blanco County. Begleiter sind ein gelbes Kupfervanadat, in kleinen blätterigen Gruppen auf der Außenseite des umgebenden Gesteines oder winzige Adern ausfüllend, ferner Malachit, Azurit und Brochantit. Auch ein Kupferselenit ist nach der Prüfung anwesend.

Ref.: W. E. Ford.

**17. F. L. Hess** (in Washington): **Mineralien der seltenen Erdmetalle vom Barringer Hill, Llano County, Texas** (U. S. Geol. Surv. 1908, Bull. 340, 286).

An dem Fundorte kommen folgende Mineralien vor: 1) Silicate, nämlich Albit, Mikroklin, Allanit in Massen bis zu 300 Pfund, eingebettet in rötlichen Fluorit, Biotit, Cyrtolith, radioactiv und reichlich, Gadolinit in Massen bis zu 200 Pfund, Lithionglimmer, Orthoklas, Yttrialith, Rowlandit; 2) Columbate und zwar Fergusonit in vier Varietäten, welche fast verschiedene Mineralien infolge des verschiedenen Grades der Oxydation und Hydratation darstellen, und Polykras; 3) Oxyde, nämlich Hämatit, Magnetit, Ilmenit in schönen Krystallen und Tafeln bis 8—9 Zoll dick, Rutil, Quarz in großen Massen, zum Teil weiß, zum Teil als Rauchquarz bis zu 1000 Pfund schwer; 4) Uranate, nämlich Makintoshit, Thorogummit, Nivenit, Gummit; 5) Phosphate: Autunit; 6) von Carbonaten Tengerit, gewöhnlich körnig, aber auch in Krystallen bis $\frac{1}{16}$ Zoll lang, Lanthanit; 7) von Sulfiden Chalkopyrit, Pyrit, Zinkblende, Molybdänglanz in Schuppen von 5 Zoll Breite und bis zu zehn Pfund schwer; 8) von Molybdaten Powellit.

Ref.: W. E. Ford.

**18. F. E. Wright** und **C. W. Wright** (in Washington): **Die Grubenbezirke Ketchikan und Wrangell in Alaska** (Ebenda 347).

Im Districte Ketchikan bildet Granat das vorwiegende Gangmineral der contactmetamorphen Erzlager; er findet sich im veränderten Kalksteine nahe dem Contacte. Er ist gewöhnlich dicht, bildet jedoch auch dodekaëdrische Krystalle; im Dünnschliffe läßt sich Bänderstructur mit roten und grünen Streifen erkennen. Nach der folgenden Analyse von W. T. Schaller ist das Mineral vorwiegend Andradit: 35,18 $SiO_2$, 5,15 $Al_2O_3$, 25,05 $Fe_3O_3$, 0,40 $FeO$, 0,09 $MgO$, 33,36 $CaO$, 0,42 $H_2O$; Summe 99,65. Die in dieser Zeitschr. 36, 433 beschriebenen Epidotkrystalle stammen von diesem Fundorte.

Ref.: W. E. Ford.

**19. F. L. Hess** (in Washington): **Die Magnesitlager von Californien** (Ebenda 355).

Die Magnesitvorkommen von Californien finden sich in der Form von Gängen in Verbindung mit serpentinisiertem Magnesiagestein. Solche Lager findet man entlang Coast Range in den Counties Mendocino, Sonoma, Napa, Alameda, Stanislaus, Santa Clara und auf der Westseite der Sierras in Placer, Fresno, Tulare und Kern, im südlichen Californien im Riverside County. Der Serpentin ging aus Olivin-Pyroxengesteinen hervor. Magnesit ist wahrscheinlich aus zersetztem Olivin und Enstatit wie auch aus Serpentin selbst entstanden. Man sieht den Enstatit ersetzt durch Magnesit und viele Risse in Olivin sind mit demselben Minerale ausgefüllt. Der größere Teil der Magnesitkörper ist jedoch durch Umwandlung des Serpentins entstanden. Die Production betrug im Jahre 1907 7,762 Tonnen.

Ref.: W. E. Ford.

**20. A. Knopf** (in Washington): **Geologie der Zinnerzlager auf der Halbinsel Seward, Alaska** (Ebenda 358).

Diese Zinnerzlager stehen in Verbindung mit Granitmassiven, welche verschiedene Kalksteine durchsetzen. Das Magma war reich an Mineralisatoren,

was zu vielen pneumatolytischen Bildungen in der Umgebung Anlaß gab; solche sind Turmalin, Axinit, borhaltiger Vesuvian, Ludwigit und die neuen Mineralien Paigeït und Hulsit, ferner Fluorit, Skapolith, Chondrodit und verschiedene Sulfide, so lebhaft glänzende, schwarze Zinkblende, im Aussehen sehr ähnlich dem Wolframit, mit 12% $FeO$. Stannin findet man an einer Stelle (Lost River) in geringer Menge. Das Zinnerz ist schwarz bis hellgelb und fast farblos. Granat in Dodekaëdern ist ganz gewöhnlich. Danburit wurde als Gangmineral festgestellt auf dem Dolcoath-Gange am Cassiterite Creek. W. T. Schaller fand bei einer teilweisen Analyse 47,54 $SiO_2$, 3,43 $Al_2O_3 + Fe_2O_3$, 21,02 $CaO$, 1,57 $MgO$, 24,03 $B_2O_3$; Summe 97,39; spec. Gewicht 2,98. Topas neben Flußspat und Zinnwaldit ist reichlich in der Gegend des Lost River. Bemerkenswert ist das Vorkommen im Oregon-Gebiete, wo radial angeordneter Topas neben wenig Fluorit auf einem Gange silberhaltige Erze, wie Wolframit, Bleiglanz und Stannin begleitet. W. T. Schaller erhielt durch Analyse: 30,27 $SiO_2$, 54,66 $Al_2O_3$, 1,16 $CaO$, $MgO$ Spur, 17,26 $F$; $H_2O$ und Alkalien wurden nicht bestimmt. Turmalin ist sehr gewöhnlich, meist von schwarzer Farbe, auch dunkelblau, seltener braungrün. Zinnwaldit findet man reichlich neben Zinnerz am Cassiterite Creek. Ein feinfaseriges dunkelgrünes Mineral, löslich in Salzsäure, bildet kleine radialstrahlige Aggregate in einem metamorphosierten Kalksteine von Brooks Mountain. Nach der intensiven Borflamme liegt Ludwigit vor.

Ref.: W. E. Ford.

**21. W. H. Emmons** (in Washington): **Genetische Classification der Mineralien** (Economic Geology 1908, 3, 611—627).

Das Vorkommen der Mineralien wird in Tabellen auf folgende Weise zusammengestellt: Erstarrungsgesteine; Pegmatitgänge; Contactbildungen; Vorkommen der tiefen Gangzone, der mittleren und geringeren Tiefe in der Nähe von Ergußgesteinen, der mittleren und geringeren Tiefe ohne Nachbarschaft von Erstarrungsgesteinen; secundäre Mineralien in Zonen oxydischer und sulfidischer Anreicherungen; Producte des Dynamo-Regionalmetamorphismus.

Ref.: W. E. Ford.

**22. J. F. Simpson** (in Butte): **Die Beziehung zwischen Kupfer und Pyrit in den Blei-Kupfererzen von Butte, Montana** (Ebenda 628—636).

Bei der mikroskopischen Untersuchung dieser Erze kann man Kupfererze immer beobachten, sobald einige Procent Kupfer chemisch nachzuweisen sind. Die Kupfermineralien sind Chalkopyrit, Enargit, Bornit und Chalkosin. Handstücke, welche keine Kupfermineralien erkennen lassen, sind auch ohne Gehalt an Kupfer; es läßt sich also schließen, daß das Kupfer nicht in irgend einer chemischen Verbindung mit dem Pyrit steht, sondern daß immer kleine Mengen von Kupfererzen den Pyrit begleiten.

Ref.: W. E. Ford.

**23. E. C. Sullivan** (in Washington): **Versuche über die Trennung der Bestandteile einer Lösung mit Hilfe der Filtration durch ein Mineralfilter** (Ebenda 750—756).

Es soll durch Versuche die Möglichkeit gezeigt werden, daß das anstoßende Gestein eines Ganges als Dialysator wirken kann, so daß einige Substanzen durchgelassen, andere dagegen festgehalten werden. Eine Lösung von Ferrisulfat

ging langsam durch ein Pasteur-Chamberland-Filtrierrohr; der Gehalt wurde vor und nach dem Durchgange ermittelt. Die Ergebnisse sind: Ein poröses silicatisches Filter, in seinen Eigenschaften ähnlich den Wänden eines Ganges, entfernt aus Ferrisulfat Eisen, läßt dagegen das Säureradical unverändert passieren; die Lösung ihrerseits nimmt Basen aus dem Filter auf; die Mengen sind geringer als einer doppelten Umsetzung mit dem Ferrisulfat entspricht. Das Eisenoxyd ist also offenbar im Zustande einer kolloidalen Suspension durch die feinporige Silicatmasse herausgenommen worden, wobei dünne Schichten von kolloidalem Eisenoxyd und Kieselsäurehydrat mitwirkten.

Ref.: W. E. Ford.

**24. C. R. Keyes** (in Socorro, N. M.): **Entstehung der Silberlagerstätten von Lake Valley, Neu-Mexico** (Trans. Am. Inst. Min. Eng. 1908, 39, 139—169).

Die schwarzen Erze sind von krystallinischer oder erdiger Beschaffenheit und bestehen zum großen Teile aus Eisen- und Manganoxyden. Von Silbermineralien finden sich Hornsilber in winzigen würfelartigen Krystallen (1 mm groß), Argentit und silberhaltiger Bleiglanz. Embolit, Proustit und Stephanit treten untergeordnet auf. Auch Vanadinverbindungen kommen vor, ebenso Pyrolusit in schönen Krystallen und traubigen Massen.

Ref.: W. E. Ford.

**25. G. F. Kunz** (in New York) und **H. S. Washington** (in Locust, N. Y.): **Diamanten in Arkansas** (Ebenda 169—176).

Das Erstarrungsgestein, in welchem die Diamanten gefunden werden, ist ein glasiger Peridotit in der Form eines Stockes, welcher Quarzite und Sandsteine des Carbons und der Kreide durchbrochen hat. Mikroskopisch erkennt man zahlreiche Olivinkrystalle und vereinzelt Biotit, eingebettet in eine Grundmasse aus sehr kleinen Krystallen von Augit, Perowskit, Magnetit neben einer vorherrschenden gelblichen bis farblosen Basis. Der Olivin ist mehr oder minder serpentinisiert. Bei der Verwitterung des Gesteines entstehen zunächst eckige Bruchstücke, dann eine compacte Masse, »Green Ground« genannt, welche hellolivgrüne Teile aufweist. Den letzten Zustand der Veränderung, nahe der Oberfläche, bildet der sog. »Yellow Ground« von bräunlichgelber Farbe; das Eisenoxydul hat sich hier weiter oxydiert.

Ref.: W. E. Ford.

**26. G. P. Merill** (in Washington): **Der Meteor Krater von Cañon Diablo, Arizona; seine Geschichte, Herkunft und die darin vorkommenden meteorischen Eisen** (Smithsonian Miscell. Collections 1908, 4, 461—498).

Die vollständige mineralogische Zusammensetzung des Meteoriten ist folgende: Nickeleisen und zwar Kamazit, Plessit, Taenit; Eisenphosphide, nämlich Schreibersit, Rhabdit, und ein schwarzes, nicht näher zu bestimmendes Phosphid; Eisencarbide, Cohenit und graphitisches Eisen (?); ferner Troilit, Lawrenzit, Moissanit, farbloser, gelber und schwarzer Diamant, Cliftonit, amorphe Kohle, Graphit, Silicium, Platin, Kupfer, Olivin (sehr wenig), Chromit, Fayalit (?) und Daubréelith.

Ref.: W. E. Ford.

**27. A. L. Heister** (in Magdalena, N.-M.): **Vanadinitvorkommen bei Magdalena, Neu-Mexico** (Eng. Min. Jour. 1908, 85, 246).

Vanadinit von blaßroten bis roten Krystallen wurde bei Magdalena in solchen Mengen gefunden, daß ein Abbau wegen des Gehaltes an Vanadin sich lohnt.

Ref.: W. E. Ford.

**28. O. Veatch** (in Atlanta, Ga.): **Neues Vorkommen von Beauxit in Georgia** (Eng. Min. Jour. 1908, 85, 688).

Pisolithischer Beauxit wurde im mittleren Georgia bei Mc Intyre, Wilkinson Co., entdeckt. Die Farbe ist hellrot bis gelb. E. Everhart erhielt bei der Analyse:

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| $Al_2O_3$ | 57,58 | 52,92 | 55,21 |
| $SiO_2$ | 9,38 | 10,17 | 12,40 |
| $Fe_2O_3$ | 0,96 | 7,66 | 0,96 |
| $TiO$ | 2,76 | 2,30 | 2,15 |
| $H_2O$ (gebunden) | 29,12 | 26,55 | 29,10 |
| Feuchtigkeit | 0,35 | 0,35 | 0,33 |
| Summe | 100,15 | 99,95 | 100,15 |

Ref.: W. E. Ford.

**29. R. Arnold** (in Coalinga, Californien): **Das Vorkommen des jüngst beschriebenen Edelsteins Benitoit** (Science 1908, 27, 312).

Benitoit und Neptunit finden sich neben Natrolith auf Gängen in einer Schieferlinse, welche in eine mächtige Serpentinmasse eingeschlossen ist. Der Schiefer enthält Glaukophan und besitzt eine dunkelgrünlichgraue bis lichtblaue Farbe. An der Grenze gegen die Adern, welche Benitoit führen, sind die Schiefer stark verändert und oft in weitem Maße durch Natrolith ersetzt.

Ref.: W. E. Ford.

**30. E. H. Kraus** (in Ann Arbor, Mich.): **Deutung der chemischen Zusammensetzung des Benitoit** (Ebenda 28, 710—711).

**W. C. Blasdale** (in Berkeley, Californien): **Die chemische Formel des Benitoit** (Ebenda 233).

Nach Kraus ist der Benitoit ein Metasilicat, analog dem Beryll. Die Axenverhältnisse sind: Beryll $a : c = 1 : 0{,}4989$; Benitoit $a : c = 1 : 0{,}4230$.

Blasdale ist mit dieser Auffassung nicht einverstanden; das Titan ist im Minerale nicht als basischer Bestandteil vorhanden.

Ref.: W. E. Ford.

**31. A. F. Rogers** (in Palo Alto, Californien): **Notiz über die Krystallform des Benitoit** (Ebenda 616).

Das Mineral gehört in die ditrigonal-bipyramidale Klasse. Die beobachteten Formen sind: $\{10\bar{1}1\}$, $\{0\bar{1}11\}$, $\{01\bar{1}2\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{01\bar{1}0\}$ und $\{0001\}$. Als Mittel aus zehn Messungen ergibt sich $(0001) : (10\bar{1}1) = 40^0 10'$.

Ref.: W. E. Ford.

**32. W. E. Ford** (in New Haven): **Krystallform des Oxynitrohydrothymins $C_5H_7O_5N_3$** (Am. Chem. Journ. 1908, 40, 31—32).

Triklin. $a : b : c = 0{,}578 : 1 : 0{,}420$.

$\alpha = 107^0 35'$, $\beta = 100^0 25'$, $\gamma = 80^0 59'$.

Die von Johnson dargestellten, nur angenähert meßbaren Krystalle zeigten

die Combination $b\{010\}$, $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $x\{0\bar{3}4\}$, seltener und untergeordnet auch $\omega\{\bar{1}11\}$[1]).

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : b' = (110) : (010)$ | = — | *63°54′ |
| $a : b = (100) : (010)$ | — | *96 15 |
| $c : b = (001) : (010)$ | — | *73 38 |
| Kante $[010 : 110]$ zu Kante $[010 : 001]$ | — | *79 35 |
| Kante $[010 : 110]$ zu Kante $[010 : \bar{1}01]$ | — | *50 5 |
| $b' : x = (0\bar{1}0) : (0\bar{3}4)$ | 71°46′ | 71 33 |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen.

Doppelbrechung stark. Die Auslöschungsrichtung ist auf $b\{010\}$ unter ca. 31° geneigt gegen die $c$-Axe. Durch $c\{001\}$ ist eine optische Axe fast genau senkrecht stehend sichtbar.

Ref.: B. Goßner.

**33. E. H. Kraus** (in Ann Arbor, Mich.): **Krystallform von Marrubiin** $C_{21}H_{28}O_4$ (aus: H. M. Gordin, Marrubiin. Journ. of the Americ. Chem. Soc. 1908, **30**, 265—271).

Die Substanz krystallisiert aus alkoholischer Lösung in zwei Modificationen. Schmelzp. 154,5°—155,5°.

$\alpha$-Modification (S. 267).

Monoklin. $a : b : c = 1{,}5551 : 1 : 0{,}885$; $\beta = 118°43'$.

Die kleinen Krystalle sind kurze Prismen $a\{100\}$, $m\{110\}$, an den Enden mit herrschendem $c\{001\}$ und den meist sehr kleinen Formen $r\{101\}$ und $q\{011\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $a : c = (100) : (001)$ = | — | *61°17′ |
| $m : a = (110) : (100)$ | — | *53 45 |
| $m : c = (110) : (001)$ | 73°29½′ | 73 32½ |
| $q : c = (011) : (001)$ | — | *37 49 |
| $r : a = (101) : (100)$ | 39 56 | 39 51 |

$\beta$-Modification. Ebenfalls monoklin.

Die Krystalle dieser Modification sind nur schlecht und unvollkommen ausgebildet. Die tafeligen Individuen zeigen die Formen $c\{001\}$, $a\{100\}$ und ein Prisma.

| | Beobachtet: |
|---|---|
| $a : c = (100) : (001)$ = | 71° 3½′ ca. |
| Prismenwinkel | 94 36 |

Ref.: B. Goßner.

**34. W. F. Hillebrand** (in Washington): **Der Einfluß des Pulverisierens auf den Gehalt von Mineralien und Gesteinen an Wasser und Eisenoxydul** (Ebenda 1120—1131).

Nach mehrfachen neueren Beobachtungen kann der Grad des Pulverisierens den Gehalt an Wasser und Eisenoxydul wesentlich beeinflussen. An der Luft

1) In der Figur des Originals ist irrtümlich $m$ mit $a$ und $a$ mit $M$ bezeichnet.

fein gepulverte Mineralien können sich oxydieren, und der Wassergehalt k ein höherer werden. Verf. konnte diese Beobachtung durch Versuche bestätigen. Beim Pulverisieren unter Alkohol bleibt dagegen die Oxydation meistens aus. Daraus ergeben sich Schlußfolgerungen für die Mineralanalyse. Man hat, soweit es möglich ist, ein gröberes Korn zu verwenden; ein feineres Pulverisieren wird zweckmäßig unter Alkohol vorgenommen.

Ref.: B. Goßner.

**35. C. W. Balke** und **E. F. Smith** (in Philadelphia): **Krystallform einiger niobsaurer Salze** (Journ. of the Americ. Chem. Soc. 1908, **30**, 1651—1668),

Natriummetaniobat-Heptahydrat $2NbO_3Na.7H_2O$ (S. 1651).

Triklin. $a:b:c = 0{,}9559:1:0{,}8394.$

$\alpha = 71^0\,20'$, $\beta = 105^0\,30'$, $\gamma = 54^0\,7'$.

Aus den Mutterlaugen des Salzes $7Na_2O.6Nb_2O_5.31H_2O$ erhält man glänzende Kryställchen der Combination $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $o\{111\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a : c$ | $= (100):(001) =$ | — | *53° 40′ |
| $b' : c$ | $= (0\bar{1}0):(001)$ | — | *52 22 |
| $b' : a$ | $= (0\bar{1}0):(100)$ | — | *42 38 |
| $b : m$ | $= (010):(110)$ | — | *70 45 |
| $\varrho : c$ | $= (\bar{1}01):(001)$ | — | *64 40 |
| $m : c$ | $= (110):(001)$ | 90° 5′ | 90 15 |
| $o : c$ | $= (111):(001)$ | 36 25 | 36 52 |
| $q : c$ | $= (011):(001)$ | 63 43 | 63 34 |

Kalium-$\frac{3}{4}$-niobat-16-Hydrat $Nb_6O_{19}K_8.16H_2O$ (S. 1652).

Monoklin. $a:b:c = 0{,}7120:1:0{,}5547$; $\beta = 95^0\,41'$.

Die aus wässeriger Lösung erhaltenen Krystalle sind Prismen $m\{110\}$, $b\{010\}$, am Ende mit $c\{001\}$ und $k\{021\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, selten auch mit $o\{111\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m : m$ | $= (110):(1\bar{1}0) =$ | — | *70° 38′ |
| $m : c$ | $= (110):(001)$ | — | *85 22 |
| $k : c$ | $= (021):(001)$ | 47° 50′ | 47 51 |
| $\omega : c$ | $= (\bar{1}11):(001)$ | — | *45 53 |
| $o : c$ | $= (111):(001)$ | 41 27½ | 41 20 |
| $\omega : b$ | $= (\bar{1}11):(010)$ | 65 23½ | 65 20 |
| $\omega : k$ | $= (\bar{1}11):(021)$ | 39 6½ | 39 8 |
| $k : m$ | $= (021):(110)$ | 68 1½ | 68 6 |
| $k : m'$ | $= (021):(\bar{1}10)$ | 61 8½ | 61 8 |

Rubidium-$\frac{3}{4}$-niobat-14-Hydrat $Nb_6O_{19}Rb_8.14H_2O$ (S. 1653).

Monoklin. $a:b:c = 0{,}8815:1:1{,}0491$; $\beta = 95^0\,53'$.

Die aus wässeriger Lösung erhaltenen pyramidalen Krystalle zeigen herrschend $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$, untergeordnet $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a : c$ | $= (100) : (001)$ | $= 84^0\ 7'$ | $84^0\ 10'$ |
| $o : c$ | $= (111) : (001)$ | $54\ 35$ | $54\ 29$ |
| $o : a$ | $= (111) : (100)$ | $48\ 7$ | $48\ 13$ |
| $o : o$ | $= (111) : (1\bar{1}1)$ | — | $*65\ 13$ |
| $\omega : \omega$ | $= (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1})$ | — | $*70\ 36$ |
| $o : \omega$ | $= (111) : (\bar{1}11)$ | — | $*78\ 35$ |
| $o : \omega$ | $= (111) : (11\bar{1})$ | $64\ 30$ | $64\ 27$ |

Cäsium-$\frac{3}{4}$-niobat-14-Hydrat $Nb_6O_{19}Cs_8.14H_2O$ (S. 1654).

Das Salz stand nur in geringer Menge zur Verfügung und ist isomorph mit dem vorigen.

Kaliumperniobat $K_3NbO_8$.

Tetragonal. $a : c = 1 : 0{,}844$.

Das Salz erhält man aus der wässerigen Lösung nach Zusatz von Alkohol in kleinen Kryställchen der Combination $a\{100\}$, $c\{001\}$ uud $o\{111\}$. Unter dem Mikroskope konnte der Winkel zwischen den Kanten $[100 : 010]$ und $[100 : 111]$ zu $49^0\ 50'$ gemessen werden.

Trikaliumoxyheptafluoroniobat $NbOF_7K_3H$.

Monoklin. $a : b : c = 0{,}6304 : 1 : 0{,}4888$; $\beta = 93^0\ 19'$.

Nadelige Krystalle der Combination $m\{110\}$, $b\{010\}$, am Ende mit $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$ aus Lösungen mit einem Überschusse an Kaliumfluorid und Flußsäure; $c\{001\}$ fand sich nur ganz winzig.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m : m$ | $= (110) : (1\bar{1}0)$ | $=$ — | $*64^0\ 22'$ |
| $o : m$ | $= (111) : (110)$ | — | $*45\ 59$ |
| $\omega : m$ | $= (11\bar{1}) : (110)$ | $49^0\ 2'$ | $49\ 7$ |
| $o : o$ | $= (111) : (1\bar{1}1)$ | — | $*41\ 8$ |
| $\omega : \omega$ | $= (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1})$ | $43\ 18$ | $43\ 12$ |
| $o : \omega$ | $= (111) : (\bar{1}11)$ | $69\ 43$ | $69\ 34$ |

Dicäsiumoxypentafluoroniobat $NbOF_5Cs_2$.

Trigonal. $a : c = 1 : 0{,}949$.

Aus der Lösung, welche Cäsiumfluorid und Niobfluorid in sehr wechselnden Mengen enthält, entstehen Krystalle von zweierlei Ausbildung, entweder einfache Prismen $m\{10\bar{1}0\}$, am Ende mit $c\{0001\}$ oder Zwillinge nach $r\{10\bar{1}1\}$ mit verschiedenen steilen positiven und negativen Rhomboëdern und $c\{0001\}$.

| | | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c : \underline{c}$ | $= (0001) : (\underline{0001})$ | $= *84^0\ 45'$ |
| | $(h0\bar{h}l) : (0001)$ | $80^0$—$90^0$ |

Dithalliumoxypentafluoroniobat $NbOF_5Tl_2$.

Rhombisch. $a : b : c = 0{,}4261 : 1 : 1{,}0129$.

Aus wässeriger Lösung entstehen entweder pyramidale Krystalle der

Combination $r\{101\}$, $q\{011\}$ und $c\{001\}$ oder achtseitige Tafeln nach $c\{001\}$, welche am Rande außer $q\{011\}$ und $r\{101\}$ noch $x\{122\}$ zeigen.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $c : r = (001) : (101)$ | — | *67° 11′ |
| $q : c = (011) : (001)$ | — | *45 22 |
| $q : r = (011) : (101)$ | 74° 11½′ | 74 10 |
| $x : c = (122) : (001)$ | 72 14½ | 72 13½ |
| $x : r = (122) : (101)$ | 38 8½ | 38 4 |
| $x : q = (122) : (011)$ | 49 10 | 49 6 |

Rubidium-¾-tantalat-14-Hydrat $Ta_6O_{19}Rb_8 . 14H_2O$.

Monoklin. $a : b : c = 0{,}8822 : 1 : 1{,}0510$; $\beta = 95° 58'$.

Beim langsamen Erklalten einer warm gesättigten wässerigen Lösung erhält man pyramidale Krystalle der Combination $o\{111\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$; untergeordnet sind $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, selten auch $m\{110\}$, $n\{210\}$.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : a = (110) : (100)$ | 41° 16′ | 41° 13′ |
| $n : a = (210) : (100)$ | 23 41 | 23 30 |
| $o : c = (111) : (001)$ | 54 34½ | 54 28 |
| $o : m = (111) : (110)$ | 30 56½ | 30 57 |
| $o : a = (111) : (100)$ | 48 5½ | 48 10 |
| $o : o = (111) : (1\bar{1}1)$ | — | *65 15 |
| $\omega : \omega = (11\bar{1}) : (1\bar{1}\bar{1})$ | — | *70 42 |
| $o : \omega = (111) : (\bar{1}11)$ | — | *78 55 |

Cäsium-¾-tantalat-14-Hydrat $Ta_6O_{19}Cs_8 . 14H_2O$.

Die Krystalle dieses mit dem vorigen isomorphen Salzes zeigen nur die Combination $o\{111\}$ und $\omega\{11\bar{1}\}$.

Ref.: B. Goßner.

**36. E. T. Wherry** und **W. H. Chapin** (in Philadelphia): **Borsäure in Vesuvian** (Journ. of the Americ. Chem. Soc. 1908, **30**, 1684—1687).

Die Verff. ermittelten nach zwei verschiedenen Methoden (siehe folgendes Referat) den Gehalt zahlreicher Vesuvianvorkommen an Borsäure und fanden folgende Werte in Procenten:

| Fundort: | Chapin: | Wherry: |
|---|---|---|
| Wilui, Sibirien | 4,12 | 4,07 |
| - - | 4,14 | 4,14 |
| Fritz's Island | 2,03 | 2,04 |
| Morelos, Mexico | 1,89 | 1,92 |
| - - | 1,96 | 1,97 |
| Brooks Mt., Alaska | 0,89 | 0,88 |
| Lichtfield, Maine | 0,63 | 0,63 |
| Monzoni | 0,56 | 0,52 |
| Helena, Montana | 0,21 | 0,21 |
| Ala, Piemont | 0,18 | 0,18 |

Eine Spur bis zu 0,1 % fanden sich in den Vorkommen von Jakobsberg, Cziklowa, Magnet Cove, Warwick, Canzocoli, Woodstock, Kedabek. Ganz frei von Borsäure sind die Vesuviane von Wakefield (Canada), Kiura Bunga, Monte Somma, Zermatt, Haslau (in Böhmen).

Ref.: B. Goßner.

**37. E. T. Wherry** und **W. H. Chapin** (in Philadelphia): **Die Bestimmung von Borsäure in unlöslichen Silicaten** (Journ. of the Americ. Chem. Soc. 1908, **30**, 1687—1701).

Für die vorhergehenden und die im folgenden angeführten Borsäurebestimmungen haben die Verff. zwei Methoden ausgearbeitet.

Wherry arbeitete nach einer volumetrischen Methode. Das Mineral wird mit Soda aufgeschlossen; die erstarrte Schmelze löst man in nicht zu viel Salzsäure; etwa vorhandenes Eisenoxydul wird oxydiert. Dann fällt man die Basen mit Calciumcarbonat, wobei die vorhandene Borsäure nicht neutralisiert wird; diese kann dann durch Titration mit Normalnatronlauge ermittelt werden. Mit den gefällten Basen kann etwas Borsäure mit ausfallen, was nötigenfalls eine Wiederauflösung der Fällung erfordert.

Chapin destillierte die Borsäure nach dem Verfahren von Low. In einer Kochflasche wird Methylalkoholdampf entwickelt. Dieser streicht dann durch eine zweite Flasche, welche das Mineral, in wenig Wasser nach dem Aufschließen gelöst, neben Calciumchlorid enthält; das Destillat gelangt schließlich durch einen Kühler in eine Vorlage. Zur endgültigen Bestimmung wird die Borsäure dann durch Titration ermittelt.

Der Borsäuregehalt verschiedener Mineralien ist nach den beiden Methoden in Procenten:

| | Fundort: | Chapin: | Wherry: |
|---|---|---|---|
| Turmalin (verändert) | Californien | 1,22 | 1,20 |
| Dumortierit | – | 5,63 | 5,59 |
| Axinit | – | 5,97 | 5,96 bezw. 6,00 |
| Turmalin (verändert) | – | 9,16 | 9,03 |
| – (schwarz) | – | 9,94 | 9,93 |
| – ( – A) | Paris (Maine) | 10,15 | 10,20 |
| – ( – B) | – – | 10,20 | 10,16 |
| Ludwigit | Montana | 12,89 | 12,80 |
| – | Ungarn | 15,72 | 15,71 |
| Danburit | Alaska | 24,03 | 24,00 bezw. 24,06 |
| Paigeït | – | 9,82 | 9,83 |
| Hulsit | – | 10,46 | 10,42 |

Ref.: B. Goßner.

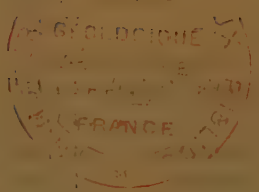
**38. Ray S. Bassler** (in Washington): **Die Bildung von Geoden, mit Bemerkungen über die Silificierung von Versteinerungen** (Proceed. of the Unit. Stat. Nation. Mus. Washington 1908, **35**, 133—154 und Tafel XVIII bis XXIV).

Der Verf. ergänzt und berichtigt die Ansichten, welche in Danas Lehrbuch der Geologie und in einer Publication Shalers über die Bildung von

Geoden in den Carbonschichten von Keokuk ausgesprochen wurden. Darnach dürfen die Fossilien nicht tief liegen, noch darf das Wasser, welches die incrustierende Substanz in Lösung mit sich führte, unter beträchtlichem Drucke gestanden haben. Ferner drang die meist Kieselsäure führende Lösung nicht durch die dichte Schale in den Hohlraum der Crinoideen und Brachiopoden, um dort Krystalle abzulagern, sondern es waren stets kleine Brüche in den Schalen nötig, um ein Eindringen der Flüssigkeit zu ermöglichen. Unter dem Drucke der im inneren Hohlraume abgelagerten Massen erweiterten sich dann vielfach die Brüche und wurden endlich mit demselben Materiale ausgekleidet wie der Hohlraum selbst. Es ist leicht verständlich, daß derartigen Umwandlungen nur Versteinerungen erfahren, welche in wasserdurchlässigen Schichten liegen.

Ref.: M. Weber.

---



MINISTÈRE DES TRAVAUX PUBLICS
CARTE GÉOLOGIQUE DE LA FRANCE

# VI. Beiträge aus dem mineralogischen Museum der Harvard-Universität.

## Notizen über die Krystallographie des Leadhillits.

### 1. Leadhillit von Utah.

Von

**C. Palache** und **L. La Forge** in Cambridge, Mass.

(Hierzu Tafel II, Fig 1—9.)

---

Die hier beschriebenen Leadhillitkrystalle stammen aus der Grube »Eureka Hill Mine« im Bergreviere Tintic, Utah, aus einer Tiefe von 160 m, wo sie auf Klüften im Bleiglanz neben Quarz und Anglesit als jüngste Bildung gefunden wurden.

Die Anglesitkrystalle sind nach der *b*-Axe gestreckt und zeigen folgende Formen: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $l\{104\}$, $o\{011\}$ und $y\{122\}$.

Die spärlichen durchsichtigen Leadhillitkrystalle haben einen Stich ins Gelblichweiße und zeigen Diamantglanz. Sie erreichen eine Breite von 0,5 cm und eine Dicke unter 0,2 cm. Spaltbarkeit nach der Basis vollkommen.

Die Krystalle sind außerordentlich flächenreich. So wurden an einem Mineralfragmente von nur 2 mm Durchmesser 70 Flächen, welche 35 Formen angehören, bestimmt.

Die Messung wurde mit dem zweikreisigen Goniometer von Goldschmidt durchgeführt. Die Justierung wurde durch das Vorhandensein der Spaltflächen erleichtert; die Position der Basisfläche entspricht nämlich beinahe der Polarlage ($\beta = 89°30'$).

Es wurden insgesamt 63 Formen beobachtet; die gemessenen und berechneten Werte sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

| Buchstabe | Symbol Gdt. | Symbol Miller | Flächenanzahl | Berechnet $\varphi$ | Berechnet $\varrho$ | Gemessen $\varphi$ | Gemessen $\varrho$ | Variationen $\varphi$ + | Variationen $\varphi$ − | Variationen $\varrho$ + | Variationen $\varrho$ − | wurde in Zwillingsform beobacht. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $c$ | 0 | 001 | 39 | 90° 0′ | 0°30′ | — | 0°26′ | — | — | 29′ | 27′ | oft |
| $a$ | $\infty 0$ | 100 | 9 | 90 0 | 90 0 | 90° 0′ | 90 0 | — | — | — | — | - |
| $b$ | $0\infty$ | 010 | 9 | 0 0 | 90 0 | — | — | — | — | — | — | - |
| $d$ | $2\infty$ | 210 | 10 | 66 23 | 90 0 | 66 16 | — | 2′ | 26′ | — | — | einmal |
| $l$ | $\infty$ | 110 | 8 | 48 50 | 90 0 | 48 49 | — | 7 | 9 | — | — | - |
| $L$ | $\frac{2}{3}\infty$ | 230 | 9 | 37 20 | 90 0 | 37 20 | — | 8 | 7 | — | — | zweimal |
| $m$ | $\infty 2$ | 120 | 17 | 29 46 | 90 0 | 29 48 | — | 48 | 12 | — | — | - |
| $\nu$ [1] | $0\frac{1}{4}$ | 014 | 6 | 1 46 | 15 33 | 1 9 | 15 21 | — | 48 | 60 | 90 | nicht |
| $\chi$ [1] | $0\frac{1}{3}$ | 013 | 5 [2] | 1 20 | 20 21 | 0 54 | 19 46 | — | 36 | 9 | 60 | - |
| $\alpha$ | $0\frac{1}{2}$ | 012 | 10 | 0 53 | 29 5 | 0 44 | 29 14 | 13 | 24 | 50 | 6 | einmal |
| $\eta$ [1] | $0\frac{2}{3}$ | 023 | 2 | 0 40 | 36 33 | 0 43 | 36 42 | 4 | — | 22 | 3 | nicht |
| $\Gamma$ [1] | $0\frac{3}{4}$ | 034 | 3 [2] | 0 35 | 39 50 | 0 34 | 39 15 | — | 2 | 36 | 75 | einmal |
| [1] | $0\frac{5}{6}$ | 056 | 1 [2] | 0 32 | 42 50 | 0 9 | 43 42 | — | 23 | 52 | — | nicht |
| $g$ | 01 | 011 | 7 | 0 27 | 48 2 | 0 21 | 48 2 | — | 12 | 24 | 16 | zweimal |
| $h$ | $0\frac{3}{2}$ | 032 | 4 | 0 18 | 59 4 | 0 13 | 59 24 | — | 5 | 43 | 4 | - |
| $\pi$ [1] | $0\frac{5}{3}$ | 053 | 1 | 0 16 | 61 39 | 0 23 | 61 38 | 7 | — | — | 1 | nicht |
| $\varphi$ [1] | 02 | 021 | 9 | 0 13 | 65 48 | 0 23 | 65 54 | 45 | 13 | 46 | 12 | einmal |
| $\Lambda$ [1] | 03 | 031 | 1 | 0 9 | 73 19 | 1 32 | 73 43 | 83 | — | — | 6 | nicht |
| $\psi$ [1] | $0\frac{5}{2}$ | 052 | 2 | 0 11 | 70 13 | 0 10 | 70 1 | — | 1 | — | 25 | - |
| $y$ | 40 | 401 | 7 | 90 0 | 78 54 | 90 0 | 79 7 | — | — | 39 | 6 | - |
| $u$ | 20 | 201 | 9 | » | 68 37 | » | 68 41 | — | — | 20 | 3 | einmal |
| $x$ | $\frac{3}{2}0$ | 302 | 1 | » | 62 27 | » | 61 37 | — | — | — | 50 | nicht |
| $w$ | 10 | 101 | 9 | » | 52 1 | » | 52 12 | — | — | 12 | 48 | - |
| [1] | $\frac{3}{2}0$ | 304 | 1 [2] | » | 43 55 | » | 44 34 | — | — | 39 | — | - |
| $i$ | $\frac{2}{3}0$ | 203 | 2 | » | 40 35 | » | 40 9 | — | — | — | 47 | - |
| $D$ | $\frac{1}{2}0$ | 102 | 1 | » | 32 48 | » | 31 30 | — | — | — | 78 | einmal |
| $\Delta$ [1] | $-\frac{1}{2}0$ | $\bar{1}02$ | 1 [2] | —90 0 | 32 6 | » | 31 57 | — | — | — | 9 | nicht |
| $E$ [1] | $-\frac{2}{3}0$ | $\bar{2}03$ | 5 | » | 40 1 | » | 40 13 | — | — | 44 | 5 | einmal |
| $f$ | $-1\,0$ | $\bar{1}01$ | 3 | » | 51 39 | » | 51 35 | — | — | 38 | 22 | nicht |
| $e$ | $-2\,0$ | $\bar{2}01$ | 9 | » | 68 29 | » | 68 32 | — | — | 30 | 9 | - |
| $k$ | 1 | 111 | 7 | 49 2 | 59 29 | 48 56 | 59 19 | 32 | 29 | 1 | 33 | zweimal |
| $s$ | $1\frac{1}{2}$ | 212 | 11 | 66 32 | 54 23 | 66 24 | 54 15 | — | 23 | 0 | 42 | - |
| $\theta$ | $1\frac{2}{3}$ | 232 | 6 | 37 31 | 64 34 | 37 28 | 64 34 | 37 | 44 | 21 | 14 | einmal |
| $x$ | 12 | 121 | 14 | 29 56 | 68 43 | 29 49 | 68 34 | 10 | 40 | 14 | 39 | zweimal |
| $q$ | $-1\frac{1}{2}$ | $\bar{2}12$ | 10 | —66 15 | 54 5 | —66 22 | 54 8 | 10 | 14 | 50 | 10 | - |
| $p$ | $-1$ | $\bar{1}11$ | 15 | —48 39 | 59 17 | —48 43 | 59 20 | 12 | 7 | 51 | 8 | - |
| $o$ | $-1\frac{2}{3}$ | $\bar{2}32$ | 8 | —37 9 | 64 28 | —37 4 | 64 46 | 9 | 4 | 64 | 27 | - |
| $r$ | $-1\,2$ | $\bar{1}21$ | 14 | —29 36 | 68 39 | —29 39 | 68 50 | 12 | 4 | 46 | 7 | nicht |
| $A$ [1] | $-1\frac{1}{2}$ | $\bar{2}52$ | 6 | —24 26 | 71 52 | —24 43 | 71 48 | 43 | 2 | 23 | 30 | einmal |
| $G$ [1] | $-1\,3$ | $\bar{1}31$ | 1 | —20 45 | 74 21 | —20 49 | 74 19 | 4 | — | — | 2 | nicht |
| $\zeta$ | 21 | 211 | 4 | 66 28 | 70 15 | 66 24 | 69 43 | — | 5 | 32 | 43 | oft |
| $\varrho$ | $-2\frac{1}{2}$ | $\bar{7}12$ | 6 | —77 38 | 68 55 | —77 42 | 68 53 | 20 | 8 | 16 | 22 | nicht |
| $Y$ [1] | $-2\,1$ | $\bar{2}11$ | 2 | —66 19 | 70 9 | —66 13 | 70 41 | 6 | 18 | 66 | — | - |
| $W$ [1] | $-2\frac{3}{2}$ | $\bar{7}32$ | 2 [2] | —56 40 | 71 46 | —56 33 | 71 28 | 2 | 2 | 32 | 32 | - |
| $M$ [1] | $-2\frac{5}{2}$ | $\bar{7}52$ | 1 | —42 22 | 75 7 | —42 1 | 75 21 | — | 21 | 14 | — | - |
| $R$ [1] | $-2\,4$ | $\bar{2}41$ | 12 | —29 41 | 78 57 | —29 48 | 78 59 | 52 | 23 | 51 | 36 | einmal |
| $J$ [1] | $\frac{1}{3}$ | 113 | 5 | 49 24 | 29 40 | 49 16 | 29 39 | 0 | 25 | 43 | 46 | nicht |
| $\beta$ | $\frac{1}{3}\frac{2}{3}$ | 123 | 4 | 30 16 | 40 39 | 29 34 | 40 22 | — | 64 | 1 | 38 | - |
| $B$ [1] | $-\frac{1}{3}\frac{2}{3}$ | $\bar{1}23$ | 2 | —29 16 | 40 22 | —30 21 | 39 1 | 65 | — | — | 81 | - |

1) Neue Form.

2) Die Form bedarf der Bestätigung.

| Buchstabe | Symbol Gdt. | Symbol Miller | Flächenanzahl | Berechnet φ | Berechnet ϱ | Gemessen φ | Gemessen ϱ | Variationen φ + | Variationen φ − | Variationen ϱ + | Variationen ϱ − | wurde in Zwillingsform beobacht. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| λ | $-\frac{1}{3}\frac{1}{6}$ | $\bar{2}16$ | 8 | —65° 57′ | 24° 28′ | —66° 5′ | 24° 32′ | 25′ | — | 10′ | 1′ | zweimal |
| δ | $\frac{1}{2}\frac{1}{4}$ | 214 | 6 | 66 40 | 35 4 | 66 19 | 34 51 | — | 31′ | 2 | 40 | - |
| | $\frac{1}{2}$ | 112 | 4 | 49 13 | 40 25 | 48 55 | 40 20 | 11 | 49 | 1 | 33 | einmal |
| t | $\frac{1}{2}1$ | 122 | 8 | 30 6 | 52 7 | 29 45 | 52 36 | — | 54 | 52 | — | nicht |
| N[1] | $\frac{1}{2}\frac{5}{8}$ | 458 | 3 | 24 53 | 56 52 | 24 46 | 56 44 | — | 11 | 1 | 14 | einmal |
| μ | $-\frac{1}{2}\frac{1}{4}$ | $\bar{2}14$ | 21 | —66 6 | 34 28 | —66 5 | 34 26 | 30 | 54 | 11 | 13 | zweimal |
| P[1] | $-\frac{1}{2}$ | $\bar{1}12$ | 2 | —48 27 | 39 59 | —48 32 | 40 5 | 8 | — | 8 | — | nicht |
| Q[1] | $-\frac{1}{2}\frac{3}{4}$ | $\bar{2}34$ | 20 | —36 57 | 46 14 | —36 53 | 46 17 | 49 | 38 | 38 | 32 | dreimal |
| v | $-\frac{1}{2}1$ | $\bar{1}22$ | 11 | —29 26 | 51 56 | —29 37 | 51 46 | 77 | 15 | 29 | 44 | zweimal |
| T[1] | $-\frac{1}{2}\frac{5}{4}$ | $\bar{2}54$ | 2 | —24 18 | 56 45 | —24 27 | 56 45 | 9 | — | 3 | 3 | einmal |
| σ | $-\frac{2}{3}1$ | $\bar{2}33$ | 1 | —37 3 | 54 20 | —37 15 | 54 22 | 12 | — | 2 | — | nicht |
| U[1] | $\frac{1}{3}\frac{1}{2}$ | 236 | 3 | 37 53 | 35 10 | 37 32 | 34 42 | — | 21 | 31 | 32 | einmal |
| [1] | $-1\frac{1}{4}$ | $\bar{4}14$ | 3[2] | —77 35 | 52 18 | —77 10 | 52 3 | — | 40 | — | 77 | nicht |
| H[1] | 2 | 221 | 4[2] | 48 56 | 73 33 | 48 52 | 73 4 | — | 4 | — | 90 | einmal |

Von den angeführten Formen sind 27 neu; von diesen können 17 als gesichert betrachtet werden.

Der Habitus der Krystalle ist pseudo-hexagonal, und man kann zwei Typen unterscheiden: 1) tafelförmige Krystalle, der Prismenwinkel $m : m = 59° 32'$ (Fig. 2 und 3, Taf. II), und 2) Krystalle von rhomboëdrischer Ausbildung. Die rhomboëdrische Form der Krystalle entsteht durch Combination eines positiven Domas mit einer negativen Pyramide, deren Flächen zur Verticalaxe unter beinahe gleichem Winkel geneigt sind, so: $w\{101\}$ mit $v\{\bar{1}22\}$ (Fig. 1, 9), $u\{201\}$ mit $r\{\bar{1}21\}$ und $y\{401\}$ mit $R\{\bar{2}41\}$.

Die Formen $c$, $a$, $m$, $u$ und $r$ kommen beinahe an jedem Krystalle vor. Von den neuen Formen tritt Q besonders oft auf, auch $b$, $d$, $l$, $w$, $e$, $s$, $x$, $q$, $p$, $R$, $\mu$ und $v$.

Die Zone der Klinodomen ist gut entwickelt, aber die Reflexe sind infolge einer feinen Streifung der hier auftretenden Flächen meistens nicht brauchbar.

Für das Vorkommen ist die Fläche $Q - \frac{1}{2}\frac{3}{4}\{\bar{2}34\}$ charakteristisch.

### Berechnung der Axenelemente.

Die für das Vorkommen berechneten Axenelemente liegen zwischen denen von Laspeyres und von Artini. Die Berechnung stützt sich auf Messung von 112 Flächen an 15 Krystallen und ergab:

$$a : b : c = 1{,}7485 : 1 : 2{,}2244; \quad \beta = 89° 30' 28''.$$

Zum Vergleiche mögen die älteren Axenverhältnisse angegeben werden:

1) Neue Form.
2) Die Form bedarf der Bestätigung.

Laspeyres $a:b:c = 1{,}7476:1:2{,}2154$; $\beta = 89°47'38''$
Artini $a:b:c = 1{,}7515:1:2{,}2261$; $\beta = 89°31'55''$.

Einfachere Symbole erhält man, wenn man die Axen $a$ und $c$ halbiert, und so wird vom Verfasser als Axenverhältnis angenommen:

$$a:b:c = 0{,}8742:1:1{,}1122; \quad \beta = 90°29'32''.$$

Zum Vergleiche wurde auch ein einfacher Leadhillitkrystall aus Sardinien gemessen, und es zeigte sich, daß die Winkel besser mit den neu gefundenen Werten, als mit den älteren übereinstimmen, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht:

Leadhillit, Sardinien.

| Form | Gemessen | | Berechnet P. und La F. | | Berechnet Goldschm. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ |
| 001 | 90° 0′ | 0°29′ | 90° 0′ | 0°30′ | 90° 0′ | 0°12′ |
| 120 | 29 42 | 90 0 | 29 46 | 90 0 | 29 47 | 90 0 |
| 101 | 89 53 | 51 59 | 90 0 | 52 1 | 90 0 | 51 49 |
| $40\bar{1}$ | 89 57 | 78 50 | 90 0 | 78 54 | 90 0 | 78 51 |
| 011 | 0 22 | 48 7 | 0 27 | 48 2 | 0 11 | 47 55 |
| 111 | 49 13 | 59 30 | 49 2 | 59 29 | 48 56 | 59 20 |
| $12\bar{1}$ | 29 53 | 68 43 | 29 56 | 68 43 | 29 51 | 68 37 |
| 212 | 66 32 | 54 23 | 66 32 | 54 23 | 66 27 | 54 12 |
| $\bar{7}22$ | —29 28 | 52 0 | —29 26 | 51 56 | —29 38 | 51 53 |
| $\bar{2}14$ | —66 15 | 34 25 | —66 6 | 34 28 | —66 17 | 34 33 |

Die Berechnung der Axenelemente erfolgte nach der Methode von Goldschmidt (diese Zeitschr. **30**, 281). Für jede der besten Flächen wurden die Werte:

$$x' = \sin\varphi \operatorname{tg}\varrho$$
$$y' = \cos\varphi \operatorname{tg}\varrho$$

berechnet; $x'$ und $y'$ sind rechtwinkelige Coordinaten in gnomonischer Projection, $\varphi$ und $\varrho$ sind die direct gemessenen Werten. Nun gelten für das monokline System die Beziehungen:

$$\left.\begin{aligned} x' &= pp_0 + e \\ -x' &= -pp_0 + e \end{aligned}\right\} \text{I}$$
$$y' = qq_0 \qquad \text{II},$$

wo $p$ und $q$ rationale Vielfache der Elemente $p_0$ und $q_0$, und $e = \operatorname{cotg}\mu$ sind. Da $\mu$ nicht direct gemessen werden konnte, wurden die für verschiedene Flächen erhaltenen Positionen in (I) eingestellt und so ergaben sich als Mittel die Werte:

$$p_0 = 1{,}2722; \quad q_0 = 1{,}1122; \quad \beta = 89°30'28''.$$

**Zwillingsbildung.** — Die Krystalle sind gewöhnlich nach dem Prisma {120} verzwillingt. Es konnten hier aber drei Typen unterschieden werden: 1) Contactzwillinge; Zwillingsebene $m$ zugleich Zusammensetzungsfläche

(Aragonittypus). 2) Contact- und Lamellarzwillinge nach $v\{\bar{1}22\}$ Fig. 8, 9. 3) Penetrationszwillinge, deren Bestimmung erst an der Hand einer Projection gelingt. Die genaue Bestimmung des Zwillingsgesetzes ist noch dadurch erschwert, daß die Flächen $F$ und $m$ einen nahezu rechten Winkel einschließen ($(320):(\bar{1}20) = 89°32'$).

An Zwillingen nach $\{120\}$ fällt die Radialzone mit $v$, $r$ und $R$ mit der positiven Orthodomenzone beinahe zusammen und drei Formen haben fast dieselbe Lage wie die Domen $w$, $u$ und $y$.

Man berechnet folgende Flächenpositionen:

| | | $\varphi$ | $\varrho$ |
|---|---|---|---|
| $w\{101\}$ | | 90° 0′ | 52° 1′ |
| $\underline{v}\{\bar{1}22\}$ | Zwilling | 88 58 | 51 56 |
| $u\{201\}$ | | 90 0 | 68 37 |
| $\underline{r}\{\bar{1}21\}$ | Zwilling | 89 8 | 68 39 |
| $y\{401\}$ | | 90 0 | 78 54 |
| $\underline{R}\{\bar{2}41\}$ | Zwilling | 89 13 | 78 57. |

Sollte dagegen die Zwillingsbildung nach $\{320\}$ erfolgen, so behält die erwähnte Pyramidenzone beinahe dieselbe Lage, aber zur Deckung gelangen jetzt die negativen Domen $f$ und $e$.

| | | $\varphi$ | $\varrho$ |
|---|---|---|---|
| $f\{\bar{1}01\}$ | | 90° 0′ | 51°39′ |
| $\underline{v}\{\bar{1}22\}$ | Zwilling | 90 6 | 51 56 |
| $e\{\bar{2}01\}$ | | 90 0 | 68 29 |
| $\underline{r}\{\bar{1}21\}$ | Zwilling | 89 56 | 68 39. |

Derselbe Zusammenhang existiert auch an Zwillingen nach $\{120\}$ zwischen $t\{122\}$ und $x\{121\}$ und den Domen $f$ und $e$; an Zwillingen nach $\{320\}$ zwischen $t$ und $x$ und den Domen $w$ und $u$.

Die Messungen an Zwillingskrystallen ergaben zu schwankende Werte, als daß eine Entscheidung zwischen beiden Gesetzen getroffen werden konnte; da jedoch die Pyramidenflächen $v$, $r$ und $R$ öfters mit den Domen $w$, $u$ und $y$ zusammenfallen und das negative Doma, welches an Zwillingen nach $\{320\}$ mit $y$ sich decken würde, ebenso wie die der Fläche $R$ entsprechende Pyramidenfläche, überhaupt nicht beobachtet wurden, so scheint dem Verf. das Zwillingsgesetz nach $\{120\}$ wahrscheinlicher zu sein.

Durch die Zwillingsbildung wird die Ähnlichkeit der Tracht der Krystalle mit dem rhomboëdrischen Habitus noch erhöht (Fig. 9).

Von optischen Eigenschaften konnte nur der Axenwinkel an einem Spaltstücke gemessen werden:

$2E_{Na} = 19°54'$ $2E_{Li} = 19°14'$ Temp. = 23° C.
$2H_{Na} = 13\ 24$ $2H_{Na} = 12\ 38$ (in Cedernöl) - = 23 -

Der Axenwinkel verkleinert sich bei Erwärmung des Minerals.

## 2. Leadhillit von Nevada.

Von

**C. Palache** in Cambridge, Massachusetts.

(Hierzu Taf. II, Fig. 10 und eine Textfigur.)

An Handstücken von der »Quartette Gold Mine«, Searchlight, Lincoln County, Nevada, gelang es dem Verfasser zwischen Cerussit ein hellgrünes Mineral zu entdecken, dessen Untersuchung zeigte, daß es Leadhillit ist. In der erwähnten Grube wurden noch folgende Mineralien aufgefunden:

1. Gediegenes Gold, in Quarzadern.

2. Wulfenit, in zwei Typen: a) hellgelbe Krystalle von kubischem Habitus: $m\{110\}$, $\mu\{430\}$, $n\{111\}$, $e\{101\}$ und $c\{001\}$; b) tiefrote Tafeln mit den Formen $l\{740\}$, $e\{101\}$, $u\{102\}$, $n\{111\}$ und $s\{113\}$.

3. An Cerussitkrystallen wurden folgende Formen bestimmt: $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $x\{120\}$, $\gamma\{013\}$, $i\{021\}$, $z\{041\}$, $y\{102\}$ und $e\{101\}$. Die Flächen sind oft mit einer schwarzen, grün verwitternden Substanz bedeckt (Cuprodescloizit?).

4. Calcit, Malachit und Hämatit sind reichlich vorhanden, dagegen sind in den Gruben keine Sulfide gefunden worden (mit Ausnahme von Galenit).

Die Leadhillitkrystalle sind tafelartig und erreichen selten eine Größe von über 1 mm. Es wurden etwa 17 Krystalle gemessen und die Resultate der Messung sind in folgender Tabelle angeführt:

| Buchstabe | Symbol | | Berechnet | | Beob. Mittel | | Differenz in Minuten | | | | Zahl der Flächen | Zahl der Krystalle |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | $\varphi$ | | $\varrho$ | | | |
| | Gdt. | Miller | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ | + | − | + | − | | |
| $c$ | 0 | 001 | 90° 0′ | 0°30′ | 90° 0′ | 0°30′ | — | — | 14′ | 10′ | 19 | 14 |
| $b$ | 0∞ | 010 | 0 0 | 90 0 | 0 0 | 90 0 | — | — | — | — | 11 | 10 |
| $a$ | ∞0 | 100 | 90 0 | 90 0 | 90 0 | 90 0 | 2′ | 10′ | — | — | 12 | 11 |
| $j$[1] | 4∞ | 410 | 77 40 | 90 0 | 77 32 | 90 0 | 2 | 27 | — | — | 6 | 6 |
| $d$ | 2∞ | 210 | 66 23 | 90 0 | 66 18 | 90 0 | 6 | 29 | — | — | 8 | 7 |
| $l$ | ∞ | 110 | 48 50 | 90 0 | 48 49 | 90 0 | 16 | 20 | — | — | 11 | 9 |
| $L$ | $\frac{3}{2}$∞ | 230 | 37 20 | 90 0 | 37 20 | 90 0 | 14 | 7 | — | — | 6 | 5 |
| $m$ | ∞2 | 120 | 29 46 | 90 0 | 29 46 | 90 0 | 12 | 15 | — | — | 17 | 12 |
| $\nu$ | 0$\frac{1}{4}$ | 014 | 1 46 | 15 33 | 0 | 15 34 | — | — | — | — | 1 | 1 |
| $\chi$ | 0$\frac{1}{3}$ | 013 | 1 20 | 20 21 | 39 | 20 22 | — | 41 | 19 | 17 | 2 | 2 |
| $n$ | 0$\frac{1}{2}$ | 012 | 53 | 29 5 | 39 | 28 54 | — | 14 | — | 11 | 1 | 1 |
| $\Gamma$ | 0$\frac{3}{4}$ | 034 | 35 | 39 50 | 20 | 39 50 | 4 | 35 | 6 | 9 | 3 | 3 |
| $h$ | 0$\frac{3}{2}$ | 032 | 18 | 59 4 | 15 | 59 4 | 7 | 15 | 7 | 10 | 5 | 5 |
| $g$ | 01 | 011 | 27 | 48 2 | 18 | 48 6 | 7 | 27 | 13 | 9 | 6 | 6 |
| $\varphi$ | 02 | 021 | 13 | 65 48 | 0 | 65 56 | 2 | 13 | 21 | 16 | 11 | 8 |

1) Neue Form.

| Buchstabe | Symbol Gdt. | Symbol Miller | Berechnet $\varphi$ | Berechnet $\varrho$ | Beob. Mittel $\varphi$ | Beob. Mittel $\varrho$ | Differenz in Minuten $\varphi$ + | $\varphi$ − | $\varrho$ + | $\varrho$ − | Zahl der Flächen | Zahl der Krystalle |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $A$ | 03 | 031 | 0° 9′ | 73° 19′ | 0° 5′ | 73° 20′ | 8′ | 4′ | 6′ | 2′ | 3 | 2 |
| $y$ | 40 | 401 | 90 0 | 78 54 | 90 0 | 78 39 | — | — | 6 | 54 | 3 | 3 |
| $u$ | 20 | 201 | 90 0 | 68 37 | 90 0 | 68 38 | 3 | — | 21 | 2 | 6 | 6 |
| $z$ | $\frac{3}{2}0$ | 302 | 90 0 | 62 27 | 90 0 | 61 45 | — | — | — | 42 | 1 | 1 |
| $C$[1] | $\frac{4}{3}0$ | 403 | 90 0 | 59 36 | 90 0 | 59 45 | — | — | 9 | — | 1 | 1 |
| $w$ | 10 | 101 | 90 0 | 52 1 | 90 0 | 52 2 | 3 | — | 8 | 7 | 7 | 8 |
| $i$ | $\frac{3}{2}0$ | 203 | 90 0 | 40 35 | 90 0 | 40 50 | — | — | 41 | — | 3 | 3 |
| $D$ | $\frac{1}{2}0$ | 102 | 90 0 | 32 48 | 90 15 | 32 30 | 15 | — | — | 18 | 1 | 1 |
| $f$ | —10 | $\bar{1}01$ | —90 0 | 51 39 | —90 0 | 51 47 | — | — | 31 | 4 | 4 | 4 |
| $e$ | —20 | $\bar{2}01$ | —90 0 | 68 29 | —90 0 | 68 32 | — | 9 | 19 | 4 | 4 | 4 |
| $k$ | 1 | 111 | 49 2 | 59 29 | 49 1 | 59 33 | 13 | 14 | 18 | 9 | 9 | 8 |
| $s$ | $1\frac{1}{2}$ | 212 | 66 32 | 54 23 | 66 32 | 54 26 | 9 | 16 | 4 | 15 | 7 | 6 |
| $\theta$ | $1\frac{3}{2}$ | 232 | 37 31 | 64 34 | 37 29 | 64 38 | 17 | 14 | 19 | 6 | 7 | 6 |
| $x$ | 12 | 121 | 29 56 | 68 43 | 29 57 | 68 41 | 5 | 7 | 17 | 10 | 8 | 7 |
| $l$[1] | $1\frac{5}{3}$ | 252 | 24 44 | 71 54 | 24 49 | 71 55 | 5 | — | 1 | — | 1 | 1 |
| $K$[1] | 13 | 131 | 21 0 | 74 22 | 20 57 | 74 27 | — | 7 | 11 | — | 3 | 2 |
| $q$ | $-1\frac{1}{2}$ | $\bar{2}12$ | —66 15 | 54 5 | —66 12 | 54 3 | 18 | 10 | 14 | 12 | 9 | 8 |
| $p$ | —11 | $\bar{1}11$ | —48 39 | 59 17 | —48 34 | 59 17 | 10 | 31 | 7 | 8 | 9 | 7 |
| $o$ | $-1\frac{3}{2}$ | $\bar{2}32$ | —37 9 | 64 28 | —37 11 | 64 26 | 15 | 9 | 7 | 13 | 7 | 6 |
| $r$ | —12 | $\bar{1}21$ | —29 39 | 68 39 | —29 35 | 68 38 | 12 | 21 | 14 | 17 | 11 | 10 |
| $A$ | $-1\frac{1}{2}$ | $\bar{2}52$ | —24 26 | 71 52 | —24 29 | 71 48 | 17 | 2 | 5 | 22 | 5 | 4 |
| $G$ | —13 | $\bar{1}31$ | —20 45 | 74 21 | —20 39 | 74 31 | — | 12 | 23 | — | 3 | 3 |
| $n$ | $-1\frac{1}{2}$ | $\bar{2}72$ | —17 59 | 76 16 | —18 6 | 76 31 | 19 | 3 | 28 | 6 | 5 | 5 |
| $S$[1] | —14 | $\bar{1}41$ | —15 51 | 77 48 | —15 47 | 77 57 | 7 | 12 | 12 | — | 3 | 3 |
| $V$[1] | $-1\frac{2}{2}$ | $\bar{2}92$ | —14 10 | 79 2 | —14 7 | 79 14 | — | — | 3 | 12 | 1 | 1 |
| $\omega$ | $2\frac{1}{2}$ | 412 | 77 43 | 69 3 | 77 41 | 69 9 | 11 | 7 | 12 | — | 5 | 5 |
| $\zeta$ | 21 | 211 | 66 28 | 70 15 | 66 31 | 70 8 | 8 | 0 | 13 | 2 | 6 | 5 |
| $\gamma$ | 31 | 311 | 73 47 | 75 55 | 73 47 | 75 56 | 4 | 7 | 20 | 15 | 6 | 5 |
| $\varrho$ | $-2\frac{1}{2}$ | $\bar{4}12$ | —77 38 | 68 55 | —77 32 | 68 55 | 4 | 20 | 8 | 9 | 6 | 6 |
| $Y$ | —21 | $\bar{2}11$ | —66 19 | 70 9 | —66 8 | 70 11 | 4 | 25 | 5 | 1 | 2 | 2 |
| $W$ | $-2\frac{2}{3}$ | $\bar{4}32$ | —56 40 | 71 46 | —56 35 | 71 47 | 4 | 15 | 10 | 2 | 4 | 4 |
| $X$[1] | —22 | $\bar{2}21$ | —48 45 | 73 29 | —48 39 | 73 31 | 6 | 25 | 6 | 8 | 5 | 5 |
| $M$ | $-2\frac{5}{2}$ | $\bar{4}52$ | —42 22 | 75 7 | —42 23 | 75 17 | 9 | 8 | 27 | 4 | 4 | 3 |
| $Z$[1] | —23 | $\bar{2}31$ | —37 14 | 76 35 | —37 1 | 76 37 | — | 10 | 2 | — | 1 | 1 |
| $R$ | —24 | $\bar{2}41$ | —29 41 | 78 57 | —29 44 | 79 0 | 3 | — | 3 | — | 2 | 2 |
| $\Sigma$[1] | $-\frac{3}{2}\frac{1}{4}$ | $\bar{6}14$ | —81 40 | 62 29 | —81 35 | 62 39 | 7 | 16 | 18 | — | 3 | 2 |
| $\beta$ | $\frac{1}{3}\frac{2}{3}$ | 123 | 30 16 | 40 39 | 30 11 | 40 42 | — | 5 | 3 | — | 1 | 1 |
| $\Phi$[1] | $\frac{1}{3}\frac{5}{6}$ | 256 | 25 1 | 45 39 | 25 5 | 45 39 | 4 | — | — | — | 1 | 1 |
| $\lambda$ | $-\frac{1}{3}\frac{1}{6}$ | $\bar{2}16$ | —65 57 | 24 28 | —65 34 | 24 30 | — | 44 | 13 | 9 | 2 | 1 |
| $B$ | $-\frac{1}{3}\frac{2}{3}$ | $\bar{1}23$ | —29 16 | 40 22 | —29 29 | 40 18 | 21 | — | 5 | 10 | 3 | 2 |
| $\delta$ | $\frac{1}{2}\frac{1}{4}$ | 214 | 66 40 | 35 4 | 66 49 | 34 56 | 20 | 1 | — | 13 | 2 | 2 |
| $\varepsilon$ | $\frac{1}{2}\frac{1}{2}$ | 112 | 49 13 | 40 25 | 49 17 | 40 20 | 7 | — | 1 | 10 | 2 | 2 |
| $\psi$[1] | $\frac{1}{2}\frac{2}{4}$ | 234 | 37 42 | 46 30 | 37 30 | 46 27 | — | 12 | — | 3 | 1 | 1 |
| $t$ | $\frac{1}{2}1$ | 122 | 30 6 | 52 7 | 30 14 | 52 3 | 31 | 8 | 5 | 13 | 4 | 3 |
| $N$ | $\frac{1}{2}\frac{5}{4}$ | 254 | 24 53 | 56 52 | 24 53 | 57 3 | — | — | 11 | — | 1 | 1 |
| $\Omega$[1] | $\frac{1}{2}\frac{3}{1}$ | 132 | 21 8 | 60 47 | 21 13 | 60 54 | 9 | 8 | 9 | — | 3 | 2 |
| $\mu$ | $-\frac{1}{2}\frac{1}{4}$ | $\bar{2}14$ | —66 6 | 34 28 | —66 14 | 34 20 | 16 | — | — | 10 | 2 | 1 |
| $P$ | $-\frac{1}{2}\frac{1}{2}$ | $\bar{1}12$ | —48 27 | 39 59 | —48 37 | 39 59 | 20 | 5 | 18 | 9 | 3 | 2 |
| $Q$ | $-\frac{1}{2}\frac{2}{4}$ | $\bar{2}34$ | —36 57 | 46 14 | —37 16 | 46 17 | 21 | — | 3 | — | 1 | 1 |
| $v$ | $-\frac{1}{2}1$ | $\bar{1}22$ | —29 26 | 51 56 | —29 27 | 51 54 | 22 | 10 | 7 | 32 | 9 | 7 |
| $\Theta$[1] | $-\frac{2}{3}\frac{1}{4}$ | $\bar{4}36$ | —56 29 | 45 12 | —56 49 | 45 2 | 20 | — | — | 10 | 1 | 1 |
| $O$[1] | $-\frac{7}{8}\frac{3}{4}$ | $\bar{7}68$ | —52 56 | 54 9 | —52 57 | 54 16 | 1 | — | 7 | — | 1 | 1 |

1) Neue Form.

Von 67 Formen sind 14 neue, sodaß jetzt insgesamt 77 Formen bekannt sind. Zehn sichere Formen und fünf zweifelhafte des Utah-Leadhillits konnten hier bestätigt werden.

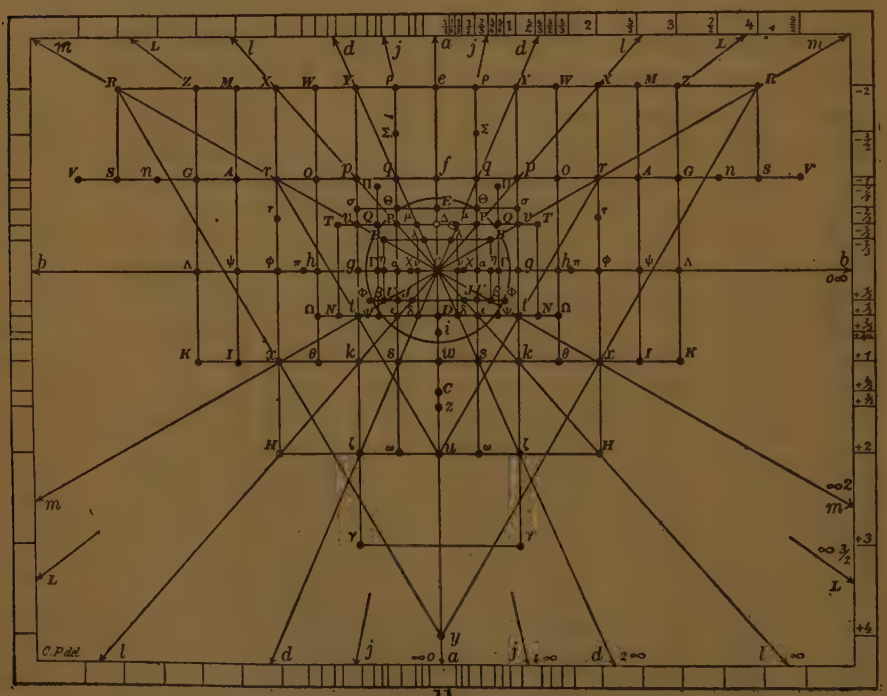
Die häufigsten Formen sind: $c$, $a$, $m$, $r$; mindestens die Hälfte der Krystalle zeigt noch die Formen: $b$, $d$, $l$, $g$, $\varphi$, $u$, $w$, $k$, $x$, $q$ und $v$. Sonst sind noch das neue Prisma $j$, sowie die Pyramiden $A$, $n$, $\gamma$ und $\varrho$ relativ am meisten wichtig.

Fig. 10 Taf. II entspricht direct keinem der gemessenen Krystalle, soll aber den Typus einer complicierten Combination des Nevada-Leadhillites darstellen, sowie zur Illustration der Lage der neuen Formen dienen.

Infolge Mangels an Material konnten die Krystalle weder einer optischen Untersuchung noch einer chemischen Analyse unterzogen werden.

(Hierher die Tabelle auf S. 137—139.)

Die Winkeltabelle des Leadhillits wurde nach dem neuen Axenverhältnis berechnet. Einen Überblick der bekannten Formen gibt die gnomonische Projection:



## Leadhillit. Monoklin.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a = 0{,}8742$ | $\log a = \bar{1}{,}94165$ | $\log a_0 = 0{,}89546$ | $\log p_0 = 0{,}10454$ | $a_0 = 0{,}7861$ | $p_0 = 1{,}2721$ |
| $c = 1{,}1122$ | $\log c = 0{,}04618$ | $\log b_0 = 9{,}95382$ | $\log q_0 = 0{,}04618$ | $b_0 = 0{,}8992$ | $q_0 = 1{,}1122$ |
| $\mu = 180^0 - \beta = 90^0\,30\frac{1}{2}'$ | $\log h = \log \sin \mu = 9{,}99998$ | $\log e = \log \cos \mu = 7{,}93398$ | $\log \frac{p_0}{q_0} = 0{,}05836$ | $h = 0{,}99996$ | $e = 0{,}0086$ |

| Number | Buchstabe | Symbol Gdt. | Symbol Miller | $\varphi$ | $\varrho$ | $\xi_0$ | $\eta_0$ | $\xi$ | $\eta$ | $x'$ | $y'$ | $d' = \mathrm{tg}\,\varrho$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $c$ | 0 | 001 | $90^0\,00'$ | $0^0\,30'$ | $0^0\,30'$ | $0^0\ 0'$ | $0^0\,30'$ | $0^0\ 0'$ | 0,0086 | 0 | 0,0086 |
| 2 | $b$ | $0\infty$ | 010 | 0 0 | 90 0 | 0 0 | 90 0 | 0 0 | 90 0 | 0 | $\infty$ | $\infty$ |
| 3 | $a$ | $\infty 0$ | 100 | 90 0 | » | 90 0 | 0 0 | 90 0 | 0 0 | $\infty$ | 0 | » |
| 4 | $j$ | $4\infty$ | 410 | 77 40 | » | » | 90 0 | 77 40 | 12 20 | 4,5753 [1] | $\infty$ | » |
| 5 | $d$ | $2\infty$ | 210 | 66 23 | » | » | » | 66 23 | 23 37 | 2,2877 [1] | » | » |
| 6 | $F$ | $\frac{3}{2}\infty$ | 320 | 59 46 | » | » | » | 59 46 | 30 14 | 1,7158 [1] | » | » |
| 7 | $l$ | $\infty$ | 110 | 48 50 | » | » | » | 48 50 | 41 10 | 1,1439 [1] | » | » |
| 8 | $L$ | $\frac{3}{3}\infty$ | 230 | 37 20 | » | » | » | 37 20 | 52 40 | 0,7626 [1] | » | » |
| 9 | $m$ | $\infty 2$ | 120 | 29 46 | » | » | » | 29 46 | 60 14 | 0,5719 [1] | » | » |
| 10 | $\nu$ | $0\frac{1}{4}$ | 014 | 1 46 | 15 33 | 0 30 | 15 32 | 0 28 | 15 32 | 0,0086 | 0,2780 | 0,2782 |
| 11 | $\chi$ | $0\frac{1}{3}$ | 013 | 1 20 | 20 21 | » | 20 21 | 0 28 | 20 21 | » | 0,3707 | 0,3708 |
| 12 | $\alpha$ | $0\frac{1}{2}$ | 012 | 0 53 | 29 5 | » | 29 5 | 0 26 | 29 5 | » | 0,5561 | 0,5561 |
| 13 | $\eta$ | $0\frac{2}{3}$ | 023 | 0 40 | 36 33 | » | 36 33 | 0 24 | 36 33 | » | 0,7414 | 0,7414 |
| 14 | $\Gamma$ | $0\frac{3}{4}$ | 034 | 0 35 | 39 50 | » | 39 50 | 0 23 | 39 50 | » | 0,8341 | 0,8341 |
| 15 | $g$ | 01 | 011 | 0 27 | 48 2 | » | 48 2 | 0 20 | 48 2 | » | 1,1121 | 1,1121 |
| 16 | $h$ | $0\frac{3}{2}$ | 032 | 0 18 | 59 4 | » | 59 4 | 0 15 | 59 4 | » | 1,6682 | 1,6682 |
| 17 | $\pi$ | $0\frac{5}{3}$ | 053 | 0 16 | 61 39 | » | 61 39 | 0 14 | 61 39 | » | 1,8535 | 1,8535 |
| 18 | $\varphi$ | 02 | 021 | 0 13 | 65 48 | » | 65 48 | 0 12 | 65 48 | » | 2,2242 | 2,2242 |
| 19 | $\psi$ | $0\frac{5}{2}$ | 052 | 0 11 | 70 13 | » | 70 13 | 0 10 | 70 13 | » | 2,7803 | 2,7803 |
| 20 | $A$ | 03 | 031 | 0 9 | 73 19 | » | 73 19 | 0 8 | 73 19 | » | 3,3363 | 3,3363 |
| 21 | $y$ | $+40$ | 401 | 90 0 | 78 54 | 78 54 | 0 0 | 78 54 | 0 0 | 5,0974 | 0 | 5,0972 |
| 22 | $u$ | $+20$ | 201 | » | 68 37 | 68 37 | » | 68 37 | » | 2,5529 | » | 2,5529 |
| 23 | $x$ | $+\frac{3}{2}0$ | 302 | » | 62 27 | 62 27 | » | 62 27 | » | 1,9168 | » | 1,9168 |
| 24 | $C$ | $+\frac{4}{3}0$ | 403 | » | 59 36 | 59 36 | » | 59 36 | » | 1,7045 | » | 1,7045 |

1) $\frac{x'}{y'}$.

| Nummer | Buchstabe | Symbol Gdt. | Symbol Miller | $\varphi$ | $\varrho$ | $\xi_0$ | $\eta_0$ | $\xi$ | $\eta$ | $x'$ | $y'$ | $d'=\mathrm{tg}\,\varrho$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 25 | $w$ | $+\frac{1}{1}0$ | 101 | » | 52° 1′ | 52° 1′ | » | 52° 1′ | » | 1,2808 | » | 1,2808 |
| 26 | $i$ | $+\frac{3}{3}0$ | 203 | » | 40 35 | 40 35 | » | 40 35 | » | 0,8567 | » | 0,8567 |
| 27 | $D$ | $+\frac{1}{2}0$ | 102 | » | 32 48 | 32 48 | » | 32 48 | » | 0,6446 | » | 0,6446 |
| 28 | $E$ | $-\frac{3}{3}0$ | 203 | —90° 0′ | 40 1 | —40 1 | » | —40 1 | » | —0,8395 | » | 0,8395 |
| 29 | $f$ | $-\frac{1}{1}0$ | 101 | » | 51 39 | —51 39 | » | —51 39 | » | —1,2636 | » | 1,2636 |
| 30 | $e$ | $-\frac{2}{1}0$ | 201 | » | 68 29 | —68 29 | » | —68 29 | » | —2,5357 | » | 2,5357 |
| 31 | $k$ | $+1$ | 111 | 49 2 | 59 29 | 52 1 | 48° 2′ | 40 35 | 34°23′ | 1,2808 | 1,1121 | 1,6962 |
| 32 | $s$ | $+\frac{1}{2}1$ | 212 | 66 32 | 54 23 | » | 29 5 | 48 13 | 18 54 | » | 0,5561 | 1,3963 |
| 33 | $\theta$ | $+\frac{3}{2}3$ | 232 | 37 31 | 64 34 | » | 59 4 | 33 22 | 45 45 | » | 1,6682 | 2,1032 |
| 34 | $x$ | $+\frac{1}{2}2$ | 121 | 29 56 | 68 43 | » | 65 48 | 27 43 | 53 51 | » | 2,2242 | 2,5666 |
| 35 | $I$ | $+\frac{5}{2}5$ | 252 | 24 44 | 71 54 | » | 70 13 | 23 26 | 59 42 | » | 2,7800 | 3,0610 |
| 36 | $K$ | $+\frac{3}{1}3$ | 131 | 21 0 | 74 22 | » | 73 19 | 20 11 | 64 2 | » | 3,3363 | 3,5740 |
| 37 | $q$ | $-1\frac{1}{2}$ | 212 | —66 15 | 54 5 | —51 39 | 29 5 | —47 50 | 19 2 | —1,2636 | 0,5561 | 1,3805 |
| 38 | $p$ | $-1\frac{1}{1}$ | 111 | —48 39 | 59 17 | » | 48 2 | —40 12 | 34 37 | » | 1,1121 | 1,6833 |
| 39 | $o$ | $-1\frac{3}{2}$ | 232 | —37 9 | 64 28 | » | 59 4 | —33 1 | 46 0 | » | 1,6682 | 2,0927 |
| 40 | $r$ | $-1\frac{1}{2}$ | 121 | —29 36 | 68 39 | » | 65 48 | —27 23 | 54 5 | » | 2,2242 | 2,5581 |
| 41 | $A$ | $-1\frac{5}{2}$ | 252 | —24 26 | 71 52 | » | 70 13 | —23 9 | 59 54 | » | 2,7803 | 3,0539 |
| 42 | $G$ | $-1\frac{3}{1}$ | 131 | —20 45 | 74 21 | » | 73 19 | —19 56 | 64 13 | » | 3,3363 | 3,5676 |
| 43 | $n$ | $-1\frac{7}{2}$ | 272 | —17 59 | 76 16 | » | 75 36 | —17 27 | 67 31 | » | 3,8924 | 4,0923 |
| 44 | $S$ | $-1\frac{4}{1}$ | 141 | —15 51 | 77 48 | » | 77 20 | —15 29 | 70 5 | » | 4,4484 | 4,6240 |
| 45 | $V$ | $-1\frac{9}{2}$ | 292 | —14 10 | 79 2 | » | 78 42 | —13 54 | 72 9 | » | 5,0045 | 5,1620 |
| 46 | $\omega$ | $+2\frac{1}{2}$ | 412 | 77 43 | 69 3 | 68 37 | 29 5 | 65 52 | 11 28 | 2,5529 | 0,5561 | 2,6128 |
| 47 | $\zeta$ | $+2\frac{1}{1}$ | 211 | 66 28 | 70 15 | » | 48 2 | 59 38 | 22 5 | » | 1,1121 | 2,7847 |
| 48 | $\gamma$ | $+3\frac{1}{1}$ | 311 | 73 47 | 75 55 | 75 21 | 48 2 | 68 39 | 15 43 | 3,8251 | » | 3,9836 |
| 49 | $\varrho$ | $-2\frac{1}{2}$ | 412 | 77 38 | 68 55 | —68 29 | 29 5 | —65 43 | 11 32 | —2,5357 | 0,5561 | 2,5960 |
| 50 | $Y$ | $-2\frac{1}{1}$ | 211 | 66 19 | 70 9 | » | 48 2 | —59 28 | 22 12 | » | 1,1121 | 2,7689 |
| 51 | $W$ | $-2\frac{3}{3}$ | 432 | 56 40 | 71 46 | » | 59 4 | —52 31 | 31 28 | » | 1,6682 | 3,0352 |
| 52 | $X$ | $-2\frac{2}{2}$ | 221 | 48 45 | 73 29 | » | 65 47 | —46 7 | 39 12 | » | 2,2242 | 3,3730 |
| 53 | $M$ | $-2\frac{5}{2}$ | 452 | 42 22 | 75 7 | » | 70 13 | —40 38 | 45 34 | » | 2,7803 | 3,7630 |
| 54 | $Z$ | $-2\frac{3}{1}$ | 231 | —37 14 | 76 35 | » | 73 19 | —36 3 | 50 45 | » | 3,3363 | 4,1940 |
| 55 | $R$ | $-2\frac{4}{1}$ | 241 | —29 41 | 78 57 | » | 77 20 | —29 5 | 58 30 | » | 4,4485 | 5,1205 |
| 56 | $\Sigma$ | $-\frac{3}{2}\frac{1}{4}$ | 614 | —81 40 | 62 29 | —62 14 | 15 32 | —61 20 | 7 23 | —1,8995 | 0,2780 | 1,9199 |

| Nummer | Buchstabe | Symbol Gdt. | Symbol Miller | $\varphi$ | $\varrho$ | $\xi_0$ | $\eta_0$ | $\xi$ | $\eta$ | $x'$ | $y'$ | $d'=\mathrm{tg}\,\varrho$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 57 | $J$ | $+\frac{1}{3}$ | 113 | 49°24′ | 29°40′ | 23°24′ | 20°20′ | 22° 5′ | 18°47′ | 0,1426 | 0,3707 | 0,5697 |
| 58 | $U$ | $+\frac{1}{3}$ $+\frac{1}{2}$ | 236 | 37 53 | 35 10 | 23 24 | 29 5 | 20 43 | 27 2 | » | 0,5561 | 0,7045 |
| 59 | $\beta$ | $\frac{1}{3}+\frac{2}{3}$ | 123 | 30 16 | 40 39 | » | 36 33 | 19 10 | 34 14 | » | 0,7414 | 0,8584 |
| 60 | $\Phi$ | $\frac{1}{3}-\frac{5}{6}$ | 256 | 25 1 | 45 39 | » | 42 49 | 17 36 | 40 22 | » | 0,9268 | 1,0227 |
| 61 | $\lambda$ | $\frac{1}{3}-\frac{1}{6}$ | 216 | —65 57 | 24 28 | —22 34 | 10 30 | —22 13 | 9 43 | —0,4154 | 0,1854 | 0,4549 |
| 62 | $B$ | $\frac{1}{3}-\frac{2}{3}$ | 123 | —29 16 | 40 22 | » | 36 33 | —18 27 | 34 24 | » | 0,7414 | 0,8499 |
| 63 | $\delta$ | $+\frac{1}{2}+\frac{1}{4}$ | 214 | 66 40 | 35 4 | 32 48 | 15 32 | 31 51 | 13 9 | 0,6446 | 0,2780 | 0,7020 |
| 64 | $\varepsilon$ | $+\frac{1}{2}$ | 112 | 49 13 | 40 25 | » | 29 5 | 29 24 | 25 3 | » | 0,5561 | 0,8513 |
| 65 | $\Psi$ | $+\frac{1}{2}+\frac{3}{4}$ | 234 | 37 42 | 46 30 | » | 39 50 | 26 20 | 35 2 | » | 0,8341 | 1,0541 |
| 66 | $t$ | $+\frac{1}{2}+1$ | 122 | 30 6 | 52 7 | » | 48 2 | 23 19 | 43 4 | » | 1,1121 | 1,2854 |
| 67 | $N$ | $+\frac{1}{2}+\frac{5}{8}$ | 458 | 24 53 | 56 52 | » | 54 16 | 20 38 | 49 27 | » | 1,3901 | 1,5323 |
| 68 | $\Omega$ | $+\frac{1}{2}+\frac{3}{2}$ | 132 | 21 8 | 60 47 | » | 59 4 | 18 20 | 54 30 | » | 1,6682 | 1,7881 |
| 69 | $\mu$ | $\frac{1}{2}-\frac{1}{4}$ | 214 | —66 6 | 34 28 | —32 6 | 15 32 | —31 9 | 13 15 | —0,6274 | 0,2780 | 0,6863 |
| 70 | $P$ | $\frac{1}{2}-\frac{1}{2}$ | 112 | —48 27 | 39 59 | » | 29 5 | —28 44 | 25 13 | » | 0,5561 | 0,8384 |
| 71 | $Q$ | $\frac{1}{2}-\frac{3}{4}$ | 234 | —36 57 | 46 14 | » | 39 50 | —25 44 | 35 15 | » | 0,8341 | 1,0437 |
| 72 | $v$ | $\frac{1}{2}-1$ | 122 | —29 26 | 51 56 | » | 48 2 | —22 46 | 43 17 | » | 1,1121 | 1,2769 |
| 73 | $T$ | $\frac{1}{2}-\frac{5}{4}$ | 254 | —24 18 | 56 45 | » | 54 16 | —20 7 | 49 40 | » | 1,3901 | 1,5251 |
| 74 | $\tau$ | $\frac{4}{7}2$ | 4.14.7 | —17 54 | 66 50 | —35 42 | 65 48 | —16 25 | 61 2 | —0,7183 | 2,2242 | 2,3373 |
| 75 | $\Theta$ | $\frac{2}{3}-\frac{1}{2}$ | 436 | —56 29 | 45 12 | —40 1 | 29 5 | —36 16 | 23 4 | —0,8395 | 0,5561 | 1,0070 |
| 76 | $\sigma$ | $\frac{2}{3}1$ | 233 | —37 3 | 54 20 | » | 48 2 | —29 19 | 40 25 | » | 1,1121 | 1,3934 |
| 77 | $O$ | $\frac{1}{8}-\frac{3}{4}$ | 768 | —52 56 | 54 9 | —47 50 | 39 50 | —40 18 | 29 14 | —1,1045 | 0,8341 | 1,3841 |
| 78 | [1] | $0\frac{5}{6}$ | 056 | 0 32 | 42 50 | 0 30 | 42 49 | 0 22 | 42 49 | 0,0086 | 0,9268 | 0,9268 |
| 79 | [1] | $+\frac{3}{2}0$ | 304 | 90 0 | 43 55 | 43 55 | 0 0 | 43 55 | 0 0 | 0,9627 | 0,0 | 0,9627 |
| 80 | $\Delta$[1] | $-\frac{1}{2}0$ | 102 | —90 0 | 32 6 | —32 6 | 0 0 | —32 6 | 0 0 | —0,6274 | 0,0 | 0,6274 |
| 81 | [1] | $\frac{2}{3}-\frac{3}{3}$ | 223 | —29 31 | 59 36 | —40 1 | 56 0 | —25 9 | 48 38 | —0,8395 | 1,4829 | 1,7040 |
| 82 | [1] | $1\frac{1}{8}$ | 818 | —77 35 | 52 18 | —51 39 | 15 32 | —50 36 | 9 43 | —1,2636 | 0,2780 | 1,2938 |
| 83 | $H$[1] | $+2$ | 221 | 48 56 | 73 33 | 68 37 | 65 48 | 46 19 | 39 3 | 2,5529 | 2,2242 | 3,3860 |

1) Unsichere Form.

## 3. Die Formenreihen des Leadhillits.

Von

C. Palache in Cambridge, Mass., und V. Goldschmidt in Heidelberg.

Die Literatur über Leadhillit-Formen ist nicht sehr ausgedehnt. Ursache ist die Seltenheit des Minerals, besonders in gut ausgebildeten Krystallen. Die älteren Schriften beschäftigen sich hauptsächlich mit der Discussion seines Krystallsystems, das bereits von Haidinger 1824 als monoklin erkannt wurde.

Folgende Schriften sind die wesentlichen über Leadhillit-Formen:

Bournon, Catal. d. l. Coll. Min. du Roi 1817, 343.
Brooke, Edinb. Phil. Journ., 1820, **3**, 118; 1824, **11**, 157.
Brewster, Edinb. Phil. Journ. 1820, **3**, 138.
Phillips, Min. 1823, 342.
Haidinger, Trans. Roy. Soc. Edinb. 1824 (1826), **10**, 217.
- Edinb. Journ. Science 1827, **7**, 145.
Lévy, Descript. Coll. Henland 1837, **2**, 461.
Miller, Min. (Phillips) 1852, 563.
Dufrénoy, Min. 1856, **3**, 252.
Shepard, Min. 1857, 133.
Greg und Lettsom, Min. of Great Brit. Ireland 1858, 398.
Delafosse, Min. 1862, **3**, 555.
Lang, Wien. Ak. Sitzb. 1858, **31**, 100.
Laspeyres, Jahrb. Min. 1872, 408, 409; 1873, 292; diese Ztschr. 1876, **1**, 193.
Descloizeaux, Manuel. Min. 1874, **2**, 158, 159.
Artini, Giorn. Min. 1890, **1**, 1.
Dana, System. 1892, 921.
Pirsson und Wells, Amer. Journ. Sc. 1894, **48**, 219.
Heddle, Min. Scotl. 1901, **2**, 173, 174.

Die folgende Tabelle gibt die publicierten Combinationen. Miller, sowie Greg und Lettsom betrachten den Leadhillit als rhombisch. Es ist bei ihnen nicht möglich, die ± Formen zu trennen. Die Susannit genannte Varietät wird von den älteren Autoren als rhomboëdrisch behandelt. Die monokline Deutung der einzelnen Flächen aus diesen Publicationen läßt sich nicht sicher durchführen. Deshalb wurden die rhombisch und rhomboëdrisch gedeuteten Formen aus der Combinationstabelle weggelassen.

| Nr. | Combinationen früherer Autoren | Autor | Jahr |
|---|---|---|---|
| 1 | *c m u* | Haidinger | 1825 |
| 2 | *c a m u x* | » | » |
| 3 | *c a m u e x r* | » | » |
| 4 | *c a d m u w l e x s r t v* | » | » |
| 5 | *c a d m g h u w D e k p x s q r t v ω ϱ* | » | » |
| 6 | *c a d m u w f e x s q r t v* | Laspeyres | 1877 |
| 7 | *c b a l m g h i k p x s q o n v* | » | » |
| 8 | *c a d l L m α g h w e k p o r v ι* | Artini | 1890 |
| 9 | *c a d l L m u w e k x ϑ s q r t ζ v γ ω δ β* | » | » |
| 10 | *c a d l L m y w i f e k E p x ϑ s q o r t ζ γ ϱ δ β* | » | » |
| 11 | *c a d l m g h y u w i k E p x s r δ β* | » | » |
| 12 | *c b a d l L m α g h y z w i f e k p x s q r t ζ γ υ ϱ δ μ β λ* | » | » |
| 13 | *c a d l L m y u w f e k E p x q o r ζ γ υ σ ϱ δ μ* | » | » |
| 14 | *c a m* | Pirsson u. Wells | 1894 |
| 15 | *c a m e* | » | » |
| 16 | *c a m u e q μ* | » | » |

| Nr. | Combinationen. Palache und La Forge, Utah 1909 | Kryst.-Nr. | Fig. |
|---|---|---|---|
| 17 | *c w v* | | 1 |
| 18 | *c b a m l L d η ν g π y u w e k s x q o r A ϱ R δ Q v* | 1 | |
| 19 | *c b a m φ ψ y n e x p o r R μ Q v* | 2 | 3 |
| 20 | *c b m L d e q p r A R u Q v σ* | 2a | 4 |
| 21 | *c a m η l' n E e q p o r ϱ J B δ μ Q* | 3 | |
| 22 | *c u w k s ϑ x J δ* | 4 | |
| 23 | *c b ν χ α φ x p λ μ Q v* | 5 | 5 |
| 24 | *c a m l L d ν χ α Γ g φ y u w f e s x q p o r ϱ W R λ μ Q v* | 6 | |
| 25 | *c a m ν α g E e p r Y M λ μ P Q* | 7 | 6 |
| 26 | *c a m l d α g φ y u w k s ϑ x r ϱ R J β δ t N μ Q v T U H* | 8 | 8 |
| 27 | *c b m χ g h φ y u w E e f k s x p r J β δ t υ ε* | 9 | |
| 28 | *c a u w Δ e q μ Q v* | 10 | 2 |
| 29 | *c b a m l L d u e E k s ϑ x q p o r A ϱ ζ R μ Q* | 11 | . |
| 30 | *c b m l L d α g h φ p q r A G ζ ϱ Y W R λ μ Q v T U* | 12 | 7 |
| 31 | *c b m l L d α y u z w i k s ϑ x o r A R J β ε t Q H* | 13 | . |
| 32 | *c b a m l L d α g φ ψ y w i E k s δ x q p o r Y R J β λ t N μ Q v* | 14 | . |
| 33 | *c a m l d χ α π y u w i D s q r ϱ Y R β t* | 15 | . |

| Nr. | Combinationen. Palache, Nevada 1909 | Kryst.-Nr. |
|---|---|---|
| 34 | *c b ν χ Γ g* | 1 |
| 35 | *c a m l k s ϑ x ω γ* | 2 |
| 36 | *c a m j u z w i e k x q r ω t* | 3 |
| 37 | *c b a m φ x* | 4 |
| 38 | *c a b L d u w k s ω ζ γ* | 5 |
| 39 | *c a m f r* | 6 |
| 40 | *c a m l L d j e q p o r ϱ Y W v* | 7 |
| 41 | *c b a l d g h φ u w k s ϑ x q ω γ* | 8 |
| 42 | *c b a m l d j ν y u w e k ϑ x q p r A G n ζ γ ϱ Y W X R δ N v* | 9 |
| 43 | *c b a m l L d j g h φ Λ y u w k s ϑ x K r A G n S V ζ ϱ W Z R Ω v O* | 10 |
| 44 | *c b m χ α ν g φ Λ w x J K r n S R t N Ω v* | 11 |
| 45 | *c a m l L d j y k ϑ x p q o r ζ γ ϱ X M* | 12 |
| 46 | *c b a g h φ u w i f q p o r A G n ϱ B P Q v* | 13 |
| 47 | *c b a m l d i g h φ y u C w i f e k s ϑ x K q p o r A G n ω γ ϱ X M E β Φ ε Ψ t N v* | 14 |
| 48 | *c b a m l L g h φ w x K q p o r A G n S X B P Q v σ* | 15 |
| 49 | *c b g h φ o r A n v* | 16 |
| 50 | *c a m l L d j y u w i D f e k s x q p o r A ζ γ ϱ W X M E β λ B δ ε t μ P Q v* | 17 |
| 51 | *c b a m d g y w e k s x p μ v* (Sardinien) | — |

Obige Combinationstabelle zeigt das stetige Wachsen der Formenreihe des Leadhillits mit dem Bekanntwerden neuer Fundorte. Die Krystalle von Leadhills sind stets einfach. Die sardinischen lieferten viele neue Formen und die amerikanischen vermehren noch stark die Reihe.

Die **Häufigkeit der einzelnen Formen** ist aus der folgenden Tabelle zu ersehen. Sie zeigt die Zahl der Combinationen, in der jede Form gefunden wurde.

**Häufigkeitstabelle.**

| Buchstabe | *c* | *m* | *a* | *r* | *x* | *u* | *w* | *v* | *d* | *e* | *l* | *q* | *k* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol | 0 | ∞2 | ∞0 | −12 | 12 | 20 | 10 | $-\frac{1}{2}1$ | 2∞ | −20 | ∞ | $-1\frac{1}{2}$ | 1 |
| Zahl d. Beob. | 51 | 41 | 39 | 35 | 32 | 27 | 27 | 27 | 26 | 26 | 25 | 25 | 24 |
| Procente | 100 | 82 | 78 | 70 | 64 | 54 | 54 | 54 | 52 | 52 | 50 | 50 | 48 |

| Buchstabe | *s* | *b* | *g* | *p* | *o* | *R* | *L* | *y* | *ϱ* | *t* | *Q* | *φ* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol | $1\frac{1}{2}$ | 0∞ | 01 | −1 | $-1\frac{3}{2}$ | −24 | $\infty\frac{3}{2}$ | 40 | $-2\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}1$ | $-\frac{1}{2}\frac{3}{4}$ | 02 |
| Zahl d. Beob. | 23 | 21 | 20 | 19 | 18 | 18 | 17 | 16 | 16 | 16 | 16 | 15 |
| Procente | 46 | 42 | 40 | 38 | 36 | 36 | 34 | 32 | 32 | 32 | 32 | 30 |

| Buchstabe | $\mu$ | $\zeta$ | $\vartheta$ | $\varsigma$ | $h$ | $A$ | $\alpha$ | $i$ | $\gamma$ | $f$ | $\beta$ | $n$ | $j$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol | $-\frac{1}{2}\frac{1}{4}$ | 21 | $1\frac{3}{2}$ | $\frac{1}{2}\frac{1}{4}$ | $0\frac{3}{2}$ | $-1\frac{5}{2}$ | $0\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{3}0$ | 31 | $-10$ | $\frac{1}{3}\frac{2}{3}$ | $-1\frac{7}{2}$ | $4\infty$ |
| Zahl d. Beob. | 15 | 14 | 13 | 13 | 12 | 12 | 11 | 11 | 11 | 10 | 10 | 8 | 7 |
| Procente | 30 | 28 | 26 | 26 | 24 | 24 | 22 | 22 | 22 | 20 | 20 | 16 | 14 |

| Buchstabe | E | $\omega$ | $\lambda$ | $\nu$ | $\chi$ | $\Gamma$ | $G$ | $W$ | $J$ | $D$ | $N$ | $Y$ | $M$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol | $-\frac{3}{3}0$ | $2\frac{1}{2}$ | $-\frac{1}{3}\frac{1}{6}$ | $0\frac{1}{4}$ | $0\frac{1}{3}$ | $0\frac{3}{4}$ | $-13$ | $-2\frac{3}{2}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}0$ | $\frac{1}{2}\frac{5}{4}$ | $-21$ | $-2\frac{5}{2}$ |
| Zahl d. Beob. | 7 | 7 | 7 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 5 | 5 | 4 | 4 |
| Procente | 14 | 14 | 14 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 10 | 10 | 8 | 8 |

| Buchstabe | $B$ | $\varepsilon$ | $P$ | $\varkappa$ | $S$ | $X$ | $\psi$ | $\Lambda$ | $K$ | $E$ | $\Omega$ | $T$ | $\sigma$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol | $-\frac{1}{3}\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | $-\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{2}0$ | $-14$ | $-2$ | $0\frac{5}{2}$ | 03 | 13 | $-\frac{3}{2}\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{2}\frac{3}{2}$ | $-\frac{1}{3}\frac{5}{4}$ | $-\frac{2}{3}1$ |
| Zahl d. Beob. | 4 | 4 | 4 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |
| Procente | 8 | 8 | 8 | 6 | 6 | 6 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

| Buchstabe | $U$ | $H$ | $C$ | $\Lambda$ | $I$ | $V$ | $Z$ | $\Phi$ | $\Psi$ | $\Theta$ | $O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol | $\frac{1}{3}\frac{1}{2}$ | 2 | $\frac{4}{3}0$ | 03 | $1\frac{5}{2}$ | $-1\frac{3}{2}$ | $-23$ | $\frac{1}{3}\frac{5}{6}$ | $\frac{1}{2}\frac{3}{4}$ | $-\frac{2}{3}\frac{1}{2}$ | $-\frac{7}{8}\frac{3}{4}$ |
| Zahl d. Beob. | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Procente | 4 | 4 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 |

Aus der Häufigkeitstabelle ersehen wir folgendes:

**c a m** sind bei weitem die häufigsten. Sie erscheinen in 80 % aller Combinationen.

**x u w r v** erscheinen in 70—50 % aller Combinationen. Diese stehen, wie aus dem Projectionsbild Fig. 11 ersichtlich, in solchem Verbande, daß der hexagonale Habitus hervortritt, speciell auch der rhomboëdrische, dies besonders bei den amerikanischen Leadhilliten.

**s d e k p q l t b g y o** bilden die nächsthäufige Gruppe in 50—25 % der Combinationen. Die übrige große Zahl, die naturgemäß die oben beschriebenen neuen enthält, sind die seltenen.

Das **Formensystem des Leadhillits**, wie es im Projectionsbild Seite 136 dargestellt ist, bietet mehrfaches Interesse.

Das Krystallsystem ist monoklin, jedoch mit einer Axenneigung von $\mu = 89°30'$, also fast rhombisch. Zugleich ist die Anlage pseudohexagonal durch Vorherrschen der Prismen $m = \infty 2$ mit dem Pinakoid $a = \infty 0$ und der Basis $c = 0$, wobei $mm = 59°32'$; $ma = 60°14'$. Manchmal ist der Habitus rhomboëdrisch.

Es steht also der Leadhillit an der Grenze von drei Krystallsystemen. Dazu kommt eine reiche Viellings- und Compositbildung nach $c$ und $m$, die bewirkt, daß $c$ schwankt und daß manche Flächenarten praktisch zusammenfallen und $\pm$ nicht immer sicher geschieden werden kann (vgl. oben S. 133).

Hiermit im Zusammenhange steht die eigenartige Erscheinung, daß, während $b = 0\infty$ neben $a$ und $c$ auf die Formenentwicklung den stärksten Einfluß hat, es an Häufigkeit hinter $m$ zurücksteht, das in die Formenentwicklung nicht so sehr eingreift.

**Primärknoten** sind $cab$, wahrscheinlich außerdem **x r u**, die den rhomboëdrischen Habitus bewirken. Ob **m** Primärknoten ist, erscheint zweifelhaft wegen seines geringen Einflusses auf die Entwicklung des Formensystems.

**Discussion der Zahlenreihen** in den Hauptzonen.

**Prismenzone.**

| Buchstabe: | | $a$ | $j$ | $d$ | $l$ | $L$ | $m$ | $b$. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: $pq$ | $=$ | $\infty 0$ | $4\infty$ | $2\infty$ | $\infty$ | $\frac{2}{3}\infty$ | $\frac{1}{2}\infty$ | $0\infty$ | |
| $p:q$ | $=$ | $\infty$ | 4 | 2 | 1 | $\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | 0 | |
| $2v-1$ | $=$ | $\infty$ | 7 | 3 | 1 | $\frac{1}{3}$ | 0 | | Spaltung bei $m$. |

Wir bemerken den Conflict zwischen pseudorhombischer und pseudohexagonaler Anlage. Rhombisch sind $ab$ Hauptknoten, $l$ Dominante; hexagonal sind $am$ Endknoten, $bl$ Dominante. Letzteres zeigt die Spaltung bei $m$. In beiden Deutungen erscheint $j$ mit complicierter Zahl und trotzdem ist die Form gesichert (vgl. S. 136).

**Axenzone o q.**

| Buchstabe: | $c$ | $\gamma$ | $\chi$ | $\alpha$ | $\eta$ | $\Gamma$ | $g$ | $h$ | $\pi$ | $\varphi$ | $\psi$ | $\Delta$ | $b$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: $pq =$ | 0 | $0\frac{1}{4}$ | $0\frac{1}{3}$ | $0\frac{1}{2}$ | $0\frac{2}{3}$ | $0\frac{3}{4}$ | 01 | $0\frac{3}{2}$ | $0\frac{5}{3}$ | 02 | $0\frac{5}{2}$ | 03 | $0\infty$ |
| $\frac{q}{1-q} =$ | 0 | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | 2 | 3 | $\infty$ \| 0 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{2}{3}$ | 1 | $\frac{3}{2}$ | 2 | $\infty = q-1$ |

Die Reihe ist normal. Endknoten $cb$; Dominante $g$. Nächste Dominanten $\alpha\varphi$, was mit der Rangordnung und Häufigkeit gut stimmt.

**Axenzone p o; — Seite.**

| Buchstabe: | | $c$ | $\Delta$ | $E$ | $f$ | $e$ | $a$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: $pq$ | $=$ | 0 | $\frac{1}{2}0$ | $\frac{3}{4}0$ | $10$ | $\bar{2}0$ | $\bar{\infty}0$ |
| $-p$ | $=$ | 0 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{4}$ | 1 | 2 | $\infty$ |

$\Delta = -\frac{1}{2}0$, S. 139 als nicht ganz sicher bezeichnet, ist so wahrscheinlich, daß es bei der Übereinstimmung von Messung und Rechnung als gesichert anzusehen sein dürfte.

**+ Seite.**

| Buchstabe: | | $c$ | $D$ | $i$ | $w$ | $C$ | $z$ | $u$ | $y$ | $a$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: $pq$ | $=$ | 0 | $\frac{1}{2}0$ | $\frac{2}{3}0$ | $10$ | $\frac{4}{3}0$ | $\frac{3}{2}0$ | $20$ | $40$ | $\infty 0$. | Spaltung bei $w$: |
| | | | | | 0 | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | 3 | $\infty$ | $= p-1$ |

Die Reihe ist normal, verstärkt bei $w$ und $u$.

**Radialzone p : q = 1.**

| | + Seite: | | | | | | — Seite: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buchstabe: | | *e* | *J* | *ε* | *k* | *H* | *l* | *c* | *P* | *p* | *χ* | *l* |
| Symbol: | $p =$ | 0 | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | 2 | $\infty$ | 0 | $\bar{\frac{1}{2}}$ | $\bar{1}$ | $\bar{2}$ | $\bar{\infty}$ |

Beide Stücke sind normal.

**Radialzone p : q = 2 : 1.**

| | — Ende: | | | | | | + Ende: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buchstabe: | | *c* | *λ* | *μ* | *q* | *Y* | *d* | *c* | *δ* | *s* | *ζ* | *d* |
| Symbol: | $pq =$ | 0 | $\bar{\frac{1}{3}}\frac{1}{6}$ | $\bar{\frac{1}{2}}\frac{1}{4}$ | $\bar{1}\frac{1}{2}$ | $\bar{2}1$ | $\bar{2}\infty$ | 0 | $\frac{1}{2}\frac{1}{4}$ | $1\frac{1}{2}$ | 21 | $2\infty$ |
| $-p$ | $=$ | 0 | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | 2 | $\infty$ | $p =$ 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | 2 | $\infty$ |

Beide Stücke sind normal.

**Parallelzone — 1 q.**

| Buchstabe: | | *f* | *q* | *p* | *o* | *r* | *A.* | *G* | *n* | *s* | *V* | *b* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $pq =$ | $\bar{1}0$ | $\bar{1}\frac{1}{2}$ | $\bar{1}1$ | $\bar{1}\frac{3}{2}$ | $\bar{1}2$ | $\bar{1}\frac{5}{2}$ | $\bar{1}3$ | $\bar{1}\frac{7}{2}$ | $\bar{1}4$ | $\bar{1}\frac{9}{2}$ | $0\infty$ |
| $q$ | $=$ | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | $\frac{3}{2}$ | 2 | $\frac{5}{2}$ | 3 | $\frac{7}{2}$ | 4 | $\frac{9}{2}$ | $\infty$ |
| $q-2$ | $=$ | . | . | . | . | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | $\frac{3}{2}$ | 2 | $\frac{5}{2}$ | $\infty$ |

Die Reihe ist in *r* verstärkt. Vielleicht ist *r* ein Primärknoten. Auffallend ist $\frac{5}{2}$ für das schwache, aber durch gute Messung gesicherte *V*.

**Parallelzone — 2 q.**

| Buchstabe: | | *e* | *ϱ* | *Y* | *W* | *X* | *M* | *Z* | *R* | *b* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $pq =$ | $\bar{2}0$ | $\bar{2}\frac{1}{2}$ | $\bar{2}1$ | $\bar{2}\frac{3}{2}$ | $\bar{2}2$ | $\bar{2}\frac{5}{2}$ | $\bar{2}3$ | $\bar{2}4$ | $0\infty$ | |
| $\frac{1}{2}q$ | $=$ | 0 | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{4}$ | 1 | $\frac{5}{4}$ | $\frac{3}{2}$ | 2 | $\infty$ | |
| $v : (1-v)$ | $=$ | 0 | $\frac{1}{3}$ | 1 | 3 | $\infty \mid 0$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | 2 | $\infty$ | $= 2(v-1)$ |

Durch Spaltung bei *X* zerfällt die Reihe in zwei normale Stücke.

**Parallelzone — ½ q.**

| Buchstabe: | | *Δ* | *μ* | *P* | *Q* | *v* | *T* | *b* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $pq =$ | $\bar{\frac{1}{2}}0$ | $\bar{\frac{1}{2}}\frac{1}{4}$ | $\bar{\frac{1}{2}}\frac{1}{2}$ | $\bar{\frac{1}{2}}\frac{3}{4}$ | $\bar{\frac{1}{2}}1$ | $\bar{\frac{1}{2}}\frac{5}{4}$ | $0\infty$ | |
| $q : (1-q)$ | $=$ | 0 | $\frac{1}{3}$ | 1 | 3 | $\infty \mid 0$ | $\frac{1}{2}$ | $\infty$ | $= 2(q-1)$ |

Die Reihe ist in *v* verstärkt durch Einschneiden der Zone *cm*.

**Parallelzone + ½ q.**

| Buchstabe: | | *D* | *δ* | *ε* | *Ψ* | *t* | *N* | *Ω* | *b* | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $pq =$ | $\frac{1}{2}0$ | $\frac{1}{2}\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}\frac{3}{4}$ | $\frac{1}{2}1$ | $\frac{1}{2}\frac{5}{4}$ | $\frac{1}{2}\frac{3}{2}$ | $0\infty$ | |
| $q : (1-q)$ | $=$ | 0 | $\frac{1}{3}$ | 1 | 3 | $\infty \mid 0$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | $\infty$ | $= 2(q-1)$ |

Die Reihe ist in *t* verstärkt durch Einschneiden der Zone *cm*. Beachtenswert ist die gleiche Entwicklung der Zonen $-2q$ und $\pm\frac{1}{2}q$.

**Parallelzone + 1 q.**

| | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buchstabe: | = | $w$ | $s$ | $k$ | $\vartheta$ | $x$ | $J$ | $k$ | $b$ |
| Symbol: $pq$ | = | 10 | $1\frac{1}{2}$ | 1 | $1\frac{3}{2}$ | 12 | $1\frac{5}{3}$ | 13 | $1\infty$ |
| $q-1$ | = | . | . | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | $\frac{3}{2}$ | 2 | $\infty$ |

**Zone + 2 q.**

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Buchstabe: | | $u$ | $\omega$ | $\zeta$ | $?H$ | $b$ |
| Symbol: $pq$ | = | 20 | $2\frac{1}{2}$ | 21 | 2 | $0\infty$ |
| $q$ | = | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | 2 | $\infty$ |

$= N_2$.

Die an sich wahrscheinliche Form $H$ bedarf der Bestätigung.

**Parallelzone p $\frac{1}{2}$.**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buchstabe: | | $a$ | $\omega$ | $s$ | $\varepsilon$ | $U$ | $\alpha$ | $P$ | $\Theta$ | $q$ | $\Sigma$ | $\varrho$ | $a$ |
| Symbol: $pq$ | = | $\infty 0$ | $2\frac{1}{2}$ | $1\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $1\frac{1}{2}$ | $0\frac{1}{2}$ | $\bar{1}\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{3}\frac{1}{2}$ | $\bar{1}\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{2}\frac{1}{2}$ | $\bar{2}\frac{1}{2}$ | $\infty 0$ |
| $p(\bar{p})$ | = | $\infty$ | 2 | 1 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}$ | 0 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{2}{3}$ | 1 | $\frac{3}{2}$ | 2 | $\infty$ |

Beide Stücke sind normal.

**Parallelzone p 1.**

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buchstabe: | | $\alpha$ | $\gamma$ | $\zeta$ | $k$ | $t$ | $g$ | $v$ | $\sigma$ | $p$ | $Y$ | $a$ |
| Symbol: $pq$ | = | $\infty 0$ | 31 | 21 | 1 | $\frac{1}{2}1$ | 01 | $\bar{\frac{1}{2}}1$ | $\bar{\frac{2}{3}}1$ | $\bar{1}1$ | $\bar{2}1$ | $\bar{\infty}0$ |
| $p(\bar{p})$ | = | $\infty$ | 3 | 2 | 1 | $\frac{1}{2}$ | 0 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{2}{3}$ | 1 | 2 | $\infty$ |

Beide Stücke sind normal.

**Parallelzone p 2.**

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buchstabe: | | $a$ | $?H$ | $x$ | $\varphi$ | $\tau$ | ? | $r$ | $x$ | $a$ |
| Symbol: $pq$ | = | $\infty 0$ | 2 | 12 | 02 | $\bar{\frac{1}{7}}2$ | $(\bar{\frac{1}{2}}2)$ | $\bar{1}2$ | $\bar{2}2$ | $\infty 0$ |
| $p(\bar{p})$ | = | $\infty$ | 2 | 1 | 0 | $\frac{1}{7}$ | $(\frac{1}{2})$ | 1 | 2 | $\infty$ |

Auch diese Reihe spricht für das noch nicht gesicherte $H$. Dagegen ist $\tau = -\frac{1}{7}2$ unwahrscheinlich. Zu erwarten wäre $-\frac{1}{2}2$ (vgl. Artini, Giorn. Min. 1890, 1, 14).

**Kennziffern der Parallel- und Radialzonen.** Die wichtigsten Zonen des Leadhillits sind:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Die Parallelzonen: | | $q$ | $\pm\frac{1}{2}q$ | $\pm 1q$ | $\pm 2q$ | $\infty q$ |
| | | $p0$ | $p\frac{1}{2}$ | $p1$ | $p2$ | $p\infty$ |
| Die Radialzonen: $p:q$ | = | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | 2 | $\infty$ |

Nennen wir die für die einzelnen Parallel- und Radialzonen charakteristische Zahl die Kennziffer, so bilden die Kennziffern jeder dieser Zonenarten die Normalreihe:

$$0 \quad \tfrac{1}{2} \quad 1 \quad 2 \quad \infty \quad = N_2.$$

Das ist eine merkwürdige Tatsache. Sie erinnert an den Aufbau der Musikstücke, wie solche in der Schrift »Über Harmonie und Complication«

dargelegt wurde. Es zeigte sich da, daß jeder Accord eine harmonische Reihe bildet. Die Grundtöne der zum Musikstücke aneinander gereihten Accorde bilden aber auch unter sich eine harmonische Reihe [1]).

Betrachten wir im Formensysteme der Krystalle die Zonen (resp. Zonenstücke) als den einzelnen Accorden im Musikstücke entsprechend, so entsprechen die Kennziffern der Zonen den Grundtönen der Accorde.

Es zeigt sich hier eine schöne Analogie, die gerade im Formensystem des Leadhillits mit prächtiger Klarheit zutage tritt.

1) V. Goldschmidt, Über Harmonie und Complication, Berlin, Springer 1901, S. 42—58.

# VII. Axinit von Californien.

Von

**W. T. Schaller** in Washington.

---

Gut krystallisierter Axinit wurde an zwei weit voneinander entfernt liegenden Punkten Californiens aufgefunden, und im folgenden ist eine kurze Beschreibung des Minerals von jedem dieser Fundorte gegeben. Im Jahre 1903 bis 1904 wurden durch Herrn T. Freeman einige große braune Krystalle im Moosa Cañon bei Bonsall, San Diego Co., entdeckt, welche ihm Herrn Dr. G. F. Kunz in New York als Axinit bestimmte. Als ich im Jahre 1904 die Localität besuchte, war ich imstande, eine Suite derselben zu sammeln, welche die Grundlage der hier gegebenen Beschreibung bildet. Für die liebenswürdige Unterstützung bin ich Herrn Freeman und ebenso auch Herrn J. J. Mack, beide aus San Diego County, sehr verbunden. Der Axinit von der Consumes Copper Mine, Amador County, wurde mir von der Sammlung der Universität von Californien zur Verfügung gestellt, wofür ich Herrn Prof. A. S. Eakle meinen Dank ausspreche. Die Art seines Vorkommens ist nicht bekannt, doch stammt er wahrscheinlich aus einer Contactbildung; große Epidot- und kleine Quarzkrystalle sind mit ihm vergesellschaftet.

## Axinit von San Diego County.

Der Axinit von San Diego County findet sich in einem sehr zersetzten Granit und seine eigentliche Art des Vorkommens ist nicht bestimmbar. Das Gestein in der Nachbarschaft ist stark zersetzt, und die Axinitkrystalle finden sich lose in dem zerreiblichen Gestein. Mit dem Axinit vergesellschaftet ist: Quarz, Epidot und ein wenig Laumontit. Die Axinitkrystalle wechseln von winziger Größe bis zu 5 cm Länge; gewöhnlich sind sie flach, meist rauh und abgenutzt und gewöhnlich undurchsichtig, aber von schmalen durchsichtigen Stellen durchsetzt. Einige waren stark zersetzt zu einer schwarzen Masse, bestehend aus Mangandioxyd. Der Quarz, auf welchem die Axinite oft gruppiert sind, kommt sowohl derb als krystallisiert vor, und es ist für die rauchgraue Varietät sehr charakteristisch, daß sie mit dem Axinit sehr nahe in der Farbe übereinstimmt. Einige wenige Stücke bestehen aus

radialstrahligem grünlichem Epidot, umgeben von idiomorphem Axinit, zwischen welchen die Epidotfasern eindringen. Der Laumontit findet sich nur spärlich in isolierten weißen Krystallen auf den andern Mineralien.

Die größeren Krystalle sind von einfacher Combination, meist nur die Formen $m$, $M$, $r$, $z$, $c$, $s$, $x$ zeigend, wie es der gewöhnliche Habitus des Axinits ist. Die kleineren Krystalle sind vollkommener und zeigen eine größere Anzahl von Formen, aber nur einige wenige sind zu Messungen brauchbar; die meisten sind matt und uneben, viele sind stark gestreift und öfters in nahezu paralleler Stellung zu Gruppen verwachsen.

Die an den Krystallen identificierten Formen sind die folgenden: (Miller'sche Stellung, modificiert von Goldschmidt in den »Winkeltabellen«) {010}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {1$\bar{2}$0}, {0$\bar{3}$1}?, {0$\bar{1}$1}, {0$\bar{1}$2}, {101}, {112}, {1$\bar{2}$1}, {1$\bar{1}$1}, {$\bar{1}$11}, {$\bar{1}$12}, {$\bar{2}\bar{2}$1}.

Im folgenden sind die Messungen dieser Formen und die von Goldschmidt berechneten Werte mitgeteilt, ebenso zum Vergleiche die Buchstaben und Symbole Dana's.

Axinit von San Diego County.

| Gdt. | | Dana. | | Gemessen: | | | | Berechnet: | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buchstabe: | Symbol: | Buchstabe: | Symbol: | $\varphi$ | | $\varrho$ | | $\varphi$ | | $\varrho$ | |
| $c$ | {010} | $M$ | {1$\bar{1}$0} | 0° | 0′ | 90° | 0′ | 0° | 0′ | 90° | 0′ |
| $w$ | {110} | $w$ | {1$\bar{3}$0} | 60 | 27 | 90 | 0 | 60 | 16 | 90 | 0 |
| $u$ | {1$\bar{1}$0} | $m$ | {110} | 135 | 22 | 90 | 0 | 135 | 24 | 90 | 0 |
| $l$ | {1$\bar{2}$0} | $a$ | {100} | 150 | 42 | 90 | 0 | 151 | 23 | 90 | 0 |
| $\varphi$ | {0$\bar{3}$1} | $\varphi$ | {3$\bar{3}$1} | 176 | 50 | 68 | 11 | 177 | 20 | 71 | 36 |
| $r$ | {0$\bar{1}$1} | $r$ | {1$\bar{1}$1} | 172 | 3 | 46 | 22 | 172 | 2 | 45 | 21 |
| $x$ | {0$\bar{1}$2} | $z$ | {1$\bar{1}$2} | 164 | 7 | 27 | 36 | 164 | 24 | 27 | 32 |
| $a$ | {101} | $y$ | {021} | 106 | 0 | 49 | 0 | 104 | 4 | 49 | 10 |
| $o$ | {112} | $o$ | {$\bar{1}$32} | 53 | 38 | 32 | 0 | 53 | 49 | 31 | 19 |
| $s$ | {1$\bar{2}$1} | $s$ | {201} | 153 | 31 | 68 | 29 | 153 | 49 | 68 | 32 |
| $x$ | {1$\bar{1}$1} | $x$ | {111} | 138 | 44 | 59 | 44 | 138 | 48 | 59 | 36 |
| $n$ | {$\bar{1}$11} | $n$ | {1$\bar{3}$1} | 117 | 17 | 57 | 43 | 117 | 16 | 57 | 38 |
| $\vartheta$ | {$\bar{1}$12} | $\vartheta$ | {1$\bar{3}$2} | 115 | 27 | 40 | 28 | 115 | 8 | 40 | 26 |

Von diesen Formen sind {010}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {1$\bar{2}$1} und {0$\bar{1}$1} groß ausgebildet, die anderen Formen finden sich nur als schmale Flächen.

Die Form {$\bar{2}\bar{2}$1} wurde an einem Krystalle in einer Zone mit den Formen {110} (groß), {$\bar{2}\bar{2}$1} (linienartig), {$\bar{1}$11} (mittelgroß) und {$\bar{1}$12} (linienartig) gefunden.

**Chemische Untersuchung.** Eine reichliche Menge Material war brauchbar; dasselbe wurde zerstoßen und die klaren Axinitfragmente ausgesucht. Behandlung mit schwerer Lösung diente dazu, ein wenig Quarz, der in der Farbe und Aussehen dem Axinit sehr ähnlich war, zu entfernen. Das

Mittel mehrerer Analysen ist beifolgend gegeben, das Wasser wurde bei einer Temperatur von über 110° abgegeben; es wurde direct bestimmt.

Analyse des Axinits, San Diego County.

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 42,61 |
| $Al_2O_3$ | 17,43 |
| $Fe_2O_3$ | 0,38 |
| $FeO$ | 7,53 |
| $MnO$ | 4,10 |
| $MgO$ | 0,44 |
| $CaO$ | 19,74 |
| $H_2O$ | 1,56 |
| $B_2O_3$ | 6,04 |
| | 99,83 |

Die Analyse wurde schon vor einigen Jahren ausgeführt, ehe der oxydierende Effect des Zerreibens bekannt war, und es ist daher wahrscheinlich, daß die wahre Menge von Ferrioxyd ($Fe_2O_3$) in dem Minerale geringer ist als oben angegeben.

Die Berechnung der Analyse ergab:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 0,710 | oder | 8,00 | oder | 8 |
| $Al_2O_3$, $Fe_2O_3$ | 0,173 | - | 1,95 | - | 2 |
| $FeO$, $MnO$, $MgO$ | 0,174 | - | 1,96 | - | 2 |
| $CaO$ | 0,353 | - | 3,97 | - | 4 |
| $H_2O$ | 0,087 | - | 0,98 | - | 1 |
| $B_2O_3$ | 0,086 | - | 0,97 | - | 1 |

Aus diesen Zahlen berechnet sich die Formel: $8SiO_2 . 2Al_2O_3 . 2(Fe, Mn, Mg)O . 4CaO . H_2O . B_2O_3$ oder, wenn man die zweiwertigen Basen zusammenzieht, $8SiO_2 . 2Al_2O_3 . B_2O_3 . 7RO$, welche mit der von Ford für das Mineral vorgeschlagenen übereinstimmt (Ford, diese Zeitschr. 1904, 38, 82). Dieser discutiert neben seiner Analyse noch einige andere und zeigt, daß die allgemeine Formel für den Axinit geschrieben werden muß

$$8SiO_2 . B_2O_3 . 2R_2'''O_3 . 7R''O;\ R''' = Al, Fe;\ R'' = Ca, Fe, Mn, Mg, H_2.$$

Eine Untersuchung der neueren zuverlässigen Analysen des Axinits hat mich überzeugt, daß das vorhandene Calcium constant ist und daß das Eisen und Mangan so variiert, daß zwei Endverbindungen, eine frei von Eisen und die andere frei von Mangan vorhanden sind, so daß aller Axinit betrachtet werden kann als isomorphe Mischung dieser beiden Componenten.

Dreizehn Analysen, in denen das Wasser fast überall direct bestimmt wurde, wurden ausgewählt und die Verhältnisse für die verschiedenen Constituenten berechnet. Die Analysen sind:

Analysen des Axinits[1]).

| Nr. | $SiO_2$ | $B_2O_3$ | $Al_2O_3$ | $Fe_2O_3$ | $FeO$ | $MnO$ | $CaO$ | $MgO$ | $H_2O$ | $K_2O$ | $Na_2O$ | $(Cu, Zn, Pb)O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 42,89 | 6,02 | 18,25 | 0,64 | 7,11 | 1,06 | 19,89 | 2,23 | 2,14 | 0,11 | 0,36 | — |
| 2 | 43,46 | 5,61 | 16,33 | 2,80 | 6,78 | 2,62 | 20,19 | 1,73 | 1,45 | 0,11 | — | — |
| 3 | 42,78 | 6,12 | 17,67 | 0,99 | 6,02 | 2,99 | 20,16 | 2,41 | 1,40 | — | — | — |
| 4 | 41,53 | 4,62 | 17,90 | 3,90 | 4,02 | 3,79 | 21,66 | 0,74 | 2,16 | — | — | — |
| 5 | 42,10 | 4,64 | 17,40 | 3,06 | 5,84 | 4,63 | 20,53 | 0,66 | 1,80 | — | — | — |
| 6 | 42,40 | 4,71 | 17,39 | 0,59 | 4,89 | 6,16 | 19,57 | 1,69 | 1,64 | 0,25 | 0,24 | $(F = 0,22)$ |
| 7 | 42,40 | 4,88 | 17,26 | 1,33 | 4,27 | 6,97 | 19,53 | 1,30 | 1,90 | — | — | — |
| 8 | 42,55 | 4,20 | 16,37 | 3,79 | 4,06 | 7,69 | 19,28 | 1,02 | (1,33) | — | — | — |
| 9 | 41,96 | 4,61 | 17,69 | 0,81 | 3,61 | 8,51 | 19,71 | 0,97 | 1,93 | — | — | $(F = 1,11)$ |
| 10 | 42,85 | 5,17 | 16,96 | 5,00 | — | 9,59 | 18,49 | 0,87 | (0,75) | — | — | 0,19 |
| 11 | 41,80 | 5,61 | 17,15 | 1,11 | 2,84 | 10,71 | 19,51 | 0,21 | 1,22 | — | — | — |
| 12 | 42,47 | 5,05 | 16,85 | 1,16 | — | 13,14 | 18,35 | 0,26 | 1,21 | — | — | 1,73 |
| 13 | 42,77 | 5,10 | 16,73 | 1,03 | — | 13,69 | 18,25 | 0,23 | 1,29 | — | — | 1,60 |

Bei den Analysen Nr. 8 und Nr. 10 wurde das Wasser durch Glühen bestimmt und aus diesem Grunde in der folgenden Tabelle weggelassen. Analyse Nr. 12 und Nr. 13 enthält die von Ford für das Wasser gegebenen Zahlen. Die in Analyse Nr. 9 angegebenen % Fluor (1,11) sind unzweifelhaft etwas zu hoch.

Die aus den vorhergehenden Analysen berechneten Verhältnisse sind im folgenden zusammengestellt[2]):

| Anal.-Nr.: | $SiO_2$ | $B_2O_3$ | $Al_2O_3$ | $FeO$ | $MnO$ | $CaO$ | $MgO$ | $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 7,96 | 0,96 | 2,06 | 1,10 | 0,16 | 3,98 | 0,70 | 1,34 |
| 2 | 8,14 | 0,90 | 2,00 | 1,06 | 0,42 | 4,04 | 0,50 | 0,90 |
| 3 | 8,02 | 0,98 | 1,98 | 0,94 | 0,48 | 4,04 | 0,74 | 0,86 |
| 4 | 7,82 | 0,76 | 2,28 | 0,64 | 0,60 | 4,38 | 0,20 | 1,36 |
| 5 | 7,92 | 0,74 | 2,14 | 0,92 | 0,74 | 4,14 | 0,18 | 1,14 |
| 6 | 7,84 | 0,76 | 1,96 | 0,76 | 0,98 | 3,92 | 0,54 | 1,16 |
| 7 | 7,84 | 0,78 | 2,00 | 0,66 | 1,10 | 3,90 | 0,12 | 1,18 |
| 8 | 8,10 | 0,70 | 2,12 | 0,64 | 1,24 | 3,96 | 0,32 | — |

1) Anal. Nr. 1. Jannasch und Locke, Zeitschr. anorg. Chemie 1894, **6**, 57.
- - 2. Rammelsberg, Zeitschr. geol. Ges. 1869, **21**, 689.
- - 3. Ford, Am. Journ. Sci., 4th ser. 1903, **15**, 195.
- - 4. Whitfield, Am. Journ. Sci., 3d ser. 1887, **34**, 286.
- - 5. Whitfield, ebenda.
- - 6. Mauzelius, Geol. För. Förh. 1895, **17**, 279.
- - 7. Mauzelius, ebenda.
- - 8. Cleve, ebenda.
- - 9. Mauzelius, ebenda.
- - 10. Genth, Am. Journ. Sci., 3d ser. 1891, **41**, 394.
- - 11. Ford, wie Nr. 3.
- - 12. Genth, wie Nr. 10.
- - 13. Genth, ebenda.

2) Die geringen Mengen von Zink, Blei, Kupfer, Natron und Kali, welche zugegen waren, sind dem Verhältnisse der Magnesia zuaddiert.

| Anal.-Nr.: | $SiO_2$ | $B_2O_3$ | $Al_2O_3$ | $FeO$ | $MnO$ | $CaO$ | $MgO$ | $H_2O$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 9 | 7,88 | 0,74 | 2,02 | 0,56 | 1,36 | 4,00 | 0,28 | 1,32 |
| 10 | 8,10 | 0,84 | 2,26 | — | 1,54 | 3,78 | 0,26 | — |
| 11 | 7,84 | 0,92 | 1,98 | 0,44 | 1,72 | 3,98 | 0,06 | 0,76 |
| 12 | 8,08 | 0,84 | 1,98 | — | 2,12 | 3,76 | 0,32 | 0,78 |
| 13 | 8,38 | 0,86 | 1,96 | — | 2,28 | 3,84 | 0,30 | 0,84 |

Aus dem Mittel der obenstehenden Verhältnisse der 13 Analysen ergibt sich: 7,99 $SiO_2$, 0,83 $B_2O_3$, 2,06 $(Al,Fe)_2O_3$, 2,07 $(Fe,Mn,Mg)O$, 3,90 $CaO$, 1,05 $H_2O$.

Das Verhältnis der Borsäure ist ein wenig zu niedrig infolge der unvollständigen Extraction der $B_2O_3$. Die mittleren Verhältnisse, wie auch jene der Analyse des Axinits von Bonsall, San Diego County, liegen der einfachen Formel: $8SiO_2.2Al_2O_3.1B_2O_3.2(Fe,Mn,Mg)O.4CaO.1H_2O$ sehr nahe. Wie aus der Tabelle der Analysen (S. 151) ersehen werden kann, vertreten das Eisen und das Mangan einander gegenseitig, und ich schlage deshalb vor, den Axinit zu betrachten als eine Mischung von zwei Componenten: nämlich von Ferroaxinit $Al_2BHCa_2FeSi_4O_{16}$ und von Manganoaxinit $Al_2BHCa_2MnSi_4O_{16}$. Whitfield (Amer. Journ. Sci., 3d ser., 1887, **34**, 286) hat ebenfalls zwei derartige Endglieder angegeben, aber seine Formel differiert von der oben gegebenen.

Eine Analyse, nämlich die von Baumert (diese Zeitschr. **20**, 310) wurde absichtlich ausgelassen, da der hohe Calciumgehalt (30,21%) an der Genauigkeit Zweifel aufkommen läßt und auch speciell die Sesquioxyde zu niedrig sind.

Das specifische Gewicht des Minerals scheint mit dem Mangangehalte zuzunehmen, wie die folgende Tabelle zeigt. Jedoch dürften sorgfältige Bestimmungen an reinem Materiale ergeben, das der Ferroaxinit etwas schwerer ist.

Specifisches Gewicht des Axinits.

| Anal.-Nr.: | %$MnO$ | Spec. Gewicht: |
|---|---|---|
| 1 | 1,06 | 3,268 |
| 2 | 2,62 | — |
| 3 | 2,99 | 3,287 |
| 4 | 3,79 | — |
| 5 | 4,63 | — |
| 6 | 6,16 | 3,28 |
| 7 | 6,97 | 3,30 |
| 8 | 7,69 | — |
| 9 | 8,51 | 3,30 |
| 10 | 9,59 | 3,299 |
| 11 | 10,71 | 3,302 [1] |
| 12 | 13,14 | 3,306 |
| 13 | 13,69 | 3,358 |

1) Das (loc. cit.) zu 3,028 angegebene Gewicht ist falsch. Dr. Ford hat mich verständigt, daß der obige Wert richtig ist.

Die verschiedenen physikalischen Constanten des Axinits sollten untersucht werden, um zu sehen, ob eine entsprechende Variation in der Differenz *FeO* und *MnO* festgestellt werden kann, aber das erhältliche Material ging durch Feuer verloren, bevor diese Arbeit durchgeführt werden konnte.

## Axinit von Amador County.

Die Krystalle des Axinits von der Consumes Copper Mine, Amador County, sind sehr klein, selten über 2 mm Größe und meistens durchsichtig und stark glänzend. Sie sind vergesellschaftet mit großausgebildetem Epidot- und Quarz-Krystallen, welche bedeckt sind mit kleinen Axinit-Kryställchen. Die Axinite liegen auf dem Epidot und Quarz, und durchdringen auch teilweise dieselben; einige Axinite sind gänzlich in den Quarz eingewachsen. Eine vorläufige Messung von zwei Krystallen zeigte, daß die kleinen Krystalle zahlreiche Formen besitzen; es ist daher beabsichtigt, sowohl diese Krystalle, wie den Axinit im allgemeinen weiter zu studieren. Vierundzwanzig Formen wurden an diesen Krystallen beobachtet, von welchen acht neu waren. Im folgenden sind die Formen aufgeführt (Millers Orientierung, modificiert durch Goldschmidt in seinen »Winkeltabellen«); die neuen Formen sind mit einem * bezeichnet: {010}, {100}, {110}, *{210}, {120}, *{14.1.0}, {1$\bar{1}$0}, {3$\bar{1}$0}, {2$\bar{3}$0}, {3$\bar{5}$0}, {1$\bar{3}$0}, {9$\bar{7}$0}, *{9$\bar{4}$0}, *{7$\bar{2}$0}, *{9.$\bar{1}$0.0}, *{2$\bar{9}$0}, {1$\bar{2}$0}, *{7$\bar{8}$0}, *{1.$\bar{1}$3.0}, {112}, {011}, {0$\bar{1}$1}, {1$\bar{2}$1}, {1$\bar{1}$1}. Die folgende Tabelle zeigt die Mittel der Messungen dieser Formen nebst den berechneten Werten.

| Gdt.: | | Dana: | | Gemessen: | | Berechnet: | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buchst.: | Symbol: | Buchst.: | Symbol: | $\varphi'$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ |
| *c* | {010} | *M* | {1$\bar{1}$0} | 0° 0′ | 90° 0′ | 0° 0′ | 90° 0′ |
| *M* | {100} | *b* | {010} | 102 27 | 90 0 | 102 30 | 90 0 |
| *γ* | {120} | — | {1$\bar{2}$0} | 36 15 | 90 0 | 36 15 | 90 0 |
| *w* | {110} | *w* | {1$\bar{3}$0} | 61 58 | 90 0 | 60 16 | 90 0 |
| **A* | {210} | — | {1$\bar{6}$0} | 80 22 | 90 0 | 80 6 | 90 0 |
| **C* | {14.1.0} | — | {1.29.0} | 99 23 | 90 0 | 99 22 | 90 0 |
| **D* | {7$\bar{2}$0} | — | {160} | 113 56 | 90 0 | 114 8 | 90 0 |
| **E* | {9$\bar{4}$0} | — | {270} | 119 45 | 90 0 | 119 51 | 90 0 |
| *S* | {9$\bar{7}$0} | — | {7.11.0} | 129 55 | 90 0 | 129 58 | 90 0 |
| *u* | {1$\bar{1}$0} | *m* | {110} | 135 24 | 90 0 | 135 24 | 90 0 |
| **F* | {9.$\bar{1}$0.0} | — | {540} | 137 49 | 90 0 | 137 47 | 90 0 |
| **G* | {7$\bar{8}$0} | — | {430} | 138 22 | 90 0 | 138 26 | 90 0 |
| *α* | {3$\bar{1}$0} | *α* | {210} | 142 19 | 90 0 | 141 58 | 90 0 |
| *H* | {2$\bar{3}$0} | *H* | {310} | 144 7 | 90 0 | 144 40 | 90 0 |
| *β* | {3$\bar{5}$0} | *β* | {510} | 147 24 | 90 0 | 147 3 | 90 0 |
| *l* | {1$\bar{2}$0} | *a* | {100} | 151 21 | 90 0 | 151 23 | 90 0 |
| *h* | {1$\bar{3}$0} | *h* | {3$\bar{1}$0} | 159 18 | 90 0 | 158 58 | 90 0 |
| **N* | {2$\bar{9}$0} | — | {9$\bar{5}$0} | 165 18 | 90 0 | 165 12 | 90 0 |

| Gdt.: | | Dana: | | Gemessen: | | Berechnet: | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Buchst.: | Symbol: | Buchst.: | Symbol: | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ |
| *$P$ | $\{1.\bar{1}\bar{3}.0\}$ | — | $\{13.\bar{1}\bar{5}.0\}$ | 174°34′ | 90° 0′ | 174°26′ | 90° 0′ |
| $e$ | $\{011\}$ | $e$ | $\{\bar{1}11\}$ | 6 36 | 45 42 | 7 58 | 45 16 |
| $x$ | $\{1\bar{1}1\}$ | $x$ | $\{111\}$ | 138 45 | 60 57 | 138 48 | 59 36 |
| $s$ | $\{1\bar{2}1\}$ | $s$ | $\{201\}$ | 153 0 | 69 5 | 153 49 | 68 32 |

Von den obigen Formen wurde $\gamma\{120\}$ zuerst von Sjögren[1]) am Axinit von Nordmarken angegeben.

Die Messung der schmalen Fläche gab folgende Werte:

| | Gemessen: | Berechnet: | $\Delta$[2]) |
|---|---|---|---|
| $(010):(120)$ | = 36°15′ | 36°15′ | 0° 0′ |
| $(110):(120)$ | 24 12 | 24 1 | 0 11 |
| $(1\bar{1}0):(120)$ | 98 55 | 99 9 | 0 14 |

Die Form $S\{9\bar{7}0\}$ wurde zuerst von Franck[3]) beobachtet; sie war im vorliegenden Falle nur als kleine Fläche vorhanden und gab schwache Reflexe.

| | Gemessen: | Berechnet: | $\Delta$ | Gem. von Franck: |
|---|---|---|---|---|
| $(0\bar{1}0):(9\bar{7}0)$ | = 50° 5′ | 50° 2′ | 0° 3′ | 49°44′ |
| $(1\bar{2}0):(9\bar{7}0)$ | 21 27 | 21 25 | 0 2 | — |
| $(100):(9\bar{7}0)$ | 27 7 | 27 28 | 0 21 | — |
| $(9.\bar{1}\bar{0}.0):(9\bar{7}0)$ | 7 54 | 7 49 | 0 5 | — |

Die folgenden acht Prismen dürften alle neu sein, da ich bei eiliger Durchsicht der Literatur keine Notiz über dieselben fand.

Die Form $A\{210\}$ war nur eine winzige Fäche mit schlechtem Reflexe:

| | Gemessen: | Berechnet: | $\Delta$ |
|---|---|---|---|
| $(100):(210)$ | = 22° 8′ | 22°24′ | 0°16′ |
| $(14.1.0):(210)$ | = 19 1 | 19 16 | 0 15 |

Das Prisma $C\{14.1.0\}$ hat ein mehr vicinales Symbol als die meisten der neuen Prismen, aber die gemessenen und berechneten Winkel stimmen so gut, daß die Form als festgestellt gelten kann. Sie kommt als schmale Fläche vor, welche schwache Reflexe gibt:

| | Gemessen: | Berechnet: | $\Delta$ |
|---|---|---|---|
| $(0\bar{1}0):(14.1.0)$ | = 36° 1′ | 36° 2′ | 0° 1′ |
| $(100):(14.1.0)$ | = 3 7 | 3 8 | 0 1 |

Die neue Form $D\{7\bar{2}0\}$ ist ebenfalls nur als schmale Fläche vorhanden und gibt nur schwache Reflexe:

---

1) Hj. Sjögren, Beiträge zur Mineralogie Schwedens. Bull. Geol. Institute Upsala 1892, **1**, 1.

2) Das Zeichen $\Delta$ gibt die Differenz zwischen gemessenem und berechnetem Winkel an.

3) A. Franck, Bull. acad. Belgique 1898, **25**, 17.

| | Gemessen: | Berechnet: | $\Delta$ |
|---|---|---|---|
| $(0\bar{1}0):(7\bar{2}0)$ | $= 66^0\ 4'$ | $65^0 52'$ | $0^0 12'$ |
| $(100):(7\bar{2}0)$ | $= 11\ 8$ | $11\ 38$ | $0\ 30$ |
| $(9\bar{4}0):(7\bar{2}0)$ | $= 5\ 49$ | $5\ 43$ | $0\ 6$ |

Das Prisma $E\{9\bar{4}0\}$ kommt mit voriger Form zusammen vor; es ist schmal und gibt schwache Reflexe:

| | Gemessen: | Berechnet: | $\Delta$ |
|---|---|---|---|
| $(0\bar{1}0):(9\bar{4}0)$ | $= 60^0 15'$ | $60^0\ 9'$ | $0^0\ 6'$ |
| $(100):(9\bar{4}0)$ | $= 16\ 57$ | $17\ 21$ | $0\ 24$ |
| $(9.\bar{1}0.0):(9\bar{4}0)$ | $= 18\ 4$ | $17\ 56$ | $0\ 8$ |

Die Form $F\{9.\bar{1}0.0\}$ nähert sich einer vicinalen Form, obgleich gemessene und berechnete Winkel gut übereinstimmen. Sie ist als sehr schmale Fläche vorhanden (etwas breiter als die winzigen Flächen) und gibt einen ziemlich guten Reflex. Die Form $u\{1\bar{1}0\}$, welche sie augenscheinlich ersetzt, tritt nicht zusammen mit $F\{9.\bar{1}0.0\}$ auf:

| | Gemessen: | Berechnet: | $\Delta$ |
|---|---|---|---|
| $(0\bar{1}0):(9.\bar{1}0.0)$ | $= 42^0 11'$ | $42^0 13'$ | $0^0\ 2'$ |
| $(1\bar{2}0):(9.\bar{1}0.0)$ | $= 13\ 33$ | $13\ 36$ | $0\ 3$ |
| $(100):(9.\bar{1}0.0)$ | $= 35\ 1$ | $35\ 17$ | $0\ 16$ |

Die neue Form $G\{7\bar{8}0\}$ ist sehr ähnlich der vorigen; gemessene und berechnete Winkel stimmen sehr gut. Sie ist wahrscheinlich identisch oder sehr nahe der Form $\{15.\bar{1}7.0\}$, welche Offret und Gonnard[1]) beschrieben. Sie findet sich als winzige Fläche mit $U\{1\bar{1}0\}$ an einem Krystalle von Amador County. Die Reflexe waren gut.

| | Gemessen: | Berechnet: | $\Delta$ | Messungen von Offret u. Gonnard. |
|---|---|---|---|---|
| $(0\bar{1}0):(7\bar{8}0)$ | $= 41^0 38'$ | $41^0 34'$ | $0^0\ 4'$ | — |
| $(1\bar{1}0):(7\bar{8}0)$ | $= 2\ 58$ | $3\ 2$ | $0\ 4$ | $2^0 48'$ |
| $(1\bar{2}0):(7\bar{8}0)$ | $= 12\ 39$ | $12\ 57$ | $0\ 18$ | — |

Die Form $N\{2\bar{9}0\}$ findet sich als schmale Fläche, die Reflexe sind ziemlich gut.

| | Gemessen: | Berechnet: | $\Delta$ |
|---|---|---|---|
| $(0\bar{1}0):(2\bar{9}0)$ | $= 14^0 42'$ | $14^0 48'$ | $0^0\ 6'$ |
| $(1\bar{2}0):(2\bar{9}0)$ | $= 13\ 45$ | $13\ 49$ | $0\ 6$ |
| $(1\bar{1}0):(2\bar{9}0)$ | $= 29\ 54$ | $29\ 48$ | $0\ 6$ |

Das neue Prisma $P\{1.\bar{1}3.0\}$ hat vicinalen Charakter, gemessene und berechnete Winkel stimmen gut. Es findet sich als schmale Fläche nächst $\{0\bar{1}0\}$. Reflexe sind gut.

| | Gemessen: | Berechnet: | $\Delta$ |
|---|---|---|---|
| $(0\bar{1}0):(1.\bar{1}3.0)$ | $= 5^0 26'$ | $5^0 34'$ | $0^0\ 8'$ |
| $(1\bar{2}0):(1.\bar{1}3.0)$ | $= 23\ 11$ | $23\ 25$ | $0\ 14$ |
| $(1\bar{1}0):(1.\bar{1}3.0)$ | $= 39\ 10$ | $39\ 2$ | $0\ 8$ |

1) Bull. soc. fr. min. 1893, **16**, 75. Ref. diese Zeitschr. **25**, 311.

**Chemische Zusammensetzung.** Die geringe Menge an Material machte es unmöglich, mehr Axinit als die gegebene zu einer vollständigeren Analyse zu gewinnen. Das untersuchte Material war nicht ganz rein, kleine Beimengungen waren leicht zu sehen, bevor das Material zerkleinert wurde. Die Borsäure wurde aus der Differenz bestimmt.

Analyse und Verhältnisse des Axinits von Amador County.

| | | Verhältnis: |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 42,79 | 8,00 |
| $Al_2O_3$ | 16,38 | 1,81 |
| $FeO$ | 4,22 | |
| $MnO$ | 8,76 | 2,05 |
| $MgO$ | 0,09 | |
| $CaO$ | 19,21 | 3,85 |
| $H_2O$ | 1,85 | 1,16 |
| $B_2O_3$ bei Diff. | 6,70 | 1,02 |
| | 100,00 | |

Die Verhältnisse kommen denjenigen der auf S. 150 vorgeschlagenen Formel gleich, aber das Material war zu gering, sowohl in Qualität als Quantität, als daß sich ein genaues Resultat aus der Analyse hätte ableiten lassen. Es mag bemerkt werden, daß bei dem Axinit von Amador County das Mangan gegenüber dem Eisen vorherrscht, während bei dem Axinit von San Diego County das Umgekehrte der Fall ist.

---

Als diese Arbeit abgeschlossen war, kam mir ein neues Heft von Tschermaks »Min. und Petrogr. Mitteil.« zur Hand, in welchem Fromme[1]) eine Beschreibung von Mineralien aus dem Radautal gibt, unter welcher sich auch eine Analyse des Axinits befindet. Die daraus abgeleitete Formel und deren Discussion erfordern eine Erklärung. Die Analyse gibt er folgendermaßen:

Analyse des Axinits vom Radautale (Fromme).

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 44,73 |
| $B_2O_3$ | 6,30 |
| $Al_2O_3$ | 17,08 |
| $Fe_2O_3$ | 1,87 |
| $FeO$ | 1,35 |
| $CaO$ | 18,65 |
| $MnO$ | 11,54 |
| $MgO$ | 0,34 |
| $H_2O$ | 1,81 |
| Summe | 100,67 |

1) J. Fromme, Chemisch-mineral. Notizen aus dem Radautale. Min.-petr. Mitt. 1909, 28, 305—328.

Fromme verbindet richtig das Eisenoxyd mit der Tonerde und ebenso das Mangan mit der Magnesia bei der Ableitung der Formel aus der Analyse. Seine Betrachtung des zweiwertigen Eisens und Calciums als einander ersetzend, dürfte aber ernstlich in Frage zu stellen sein, da $FeO$ und $CaO$ sich in anderen Silicaten gewöhnlich nicht isomorph ersetzen, wie z. B. in Hedenbergit und Ilvaït. Die Tatsache, daß $FeO$ und $CaO$ in Axinit nicht isomorph sind, kann sehr gut ersehen werden aus der Tabelle der Analysen S. 151. Das Verhältnis von $CaO + FeO$ zur $SiO_2$ ist beispielsweise variabel, abhängig von der anwesenden Menge von $FeO$, während sowohl $SiO_2$ als $CaO$ ziemlich constant sind. Merkwürdig genug leitet Fromme aus seiner Analyse die Formel des Magnesiumaxinits ab, welche er als den primären Typus oder »Grundtypus« ansieht, obwohl seine Analyse nur 0,34 % $MgO$ aufweist und eine Analyse des Axinits, in welcher $MgO$ vorherrscht, niemals publiciert wurde. Er bezeichnet seinen Axinit als relativ reinen Manganaxinit, obgleich im selben Satze der Magnesiumaxinit als Typus betrachtet wird. Seine gewöhnliche Formel und diejenige, welche er für den Manganaxinit aufstellt, nämlich $HMnCa_2BAl_2Si_4O_{16}$, ist identisch mit der im vorhergehenden vom Verfasser aufgestellten. Die isomorphe Vertretung von $FeO + MnO + MgO$ scheint der Notiz Frommes entgangen zu sein. Die allgemeine Formel $HR''R''_2BAl_2Si_4O_{16}$ ist bekanntlich schon lange von Rammelsberg vorgeschlagen, während Ford die zweiwertigen Basen zusammennimmt, anstatt sie als in bestimmter Menge vorhanden zu betrachten. Ich glaube jedoch, daß unzweifelhaft $CaO$ in bestimmter Menge vorhanden ist, und daß es sehr wahrscheinlich ist, daß $H_2O$ und $FeO + MnO + MgO$ ebenfalls in bestimmtem Verhältnis sich finden. Die Unveränderlichkeit des Calciums wurde von anderen Autoren, wie z. B. Tschermak angenommen, welcher jedoch die Formel des Axinits folgendermaßen schreibt: $HMgCa_2BAl_2Si_4O_{16}$ mit Beimischung des bezüglichen *Fe*- und *Mn*-Oxyduls. Whitfield nahm die isomorphe Beziehung von $FeO$ und $MnO$ an, aber seine Formeln stimmen in anderer Beziehung nicht mit den neueren Daten überein. Die hier gemachte Annahme, daß der Axinit bestehe aus zwei Mineralien, nämlich aus Ferroaxinit $HFeCa_2BAl_2Si_4O_{16}$ und aus Manganoaxinit $HMnCa_2BAl_2Si_4O_{16}$, dürfte, obgleich sie in keiner Beziehung etwas neues zeigt, den heutigen Stand zu der Frage besser präcisieren. Die Existenz des correspondierenden Magnesiumaxinits in reinem Zustande ist noch nicht nachgewiesen, da das Verhältnis der $MgO$ in allen zulässigen Analysen viel geringer ist, als das von $FeO + MnO$.

# VIII. Über die Structur und die Symmetrie der Krystalle.

Von

**A. Fock** in Berlin.

Die Grundlage aller Anschauungen über die Structur der Krystalle bildet bekanntlich die Atomtheorie. Wenn aber diese Theorie keine Eigenschaften der Körper zu erklären vermag, die man nicht vorher den Atomen selbst zugeschrieben hat — wie dies von ersten Physikern wie Kelvin und Helmholtz[1]) vertreten wurde — dann erscheint es ebenso gerechtfertigt, die räumliche Natur und Configuration der Atome aus der Form und Symmetrie der Krystalle zu erschließen, wie umgekehrt, die regelmäßige Form und Symmetrie der Krystalle auf die Form und Configuration der Atome bezw. Moleküle zurückzuführen.

Indessen vom modernen Standpunkte der Forschung besteht die Aufgabe der Hypothesen und Theorien ja weniger im Erklären als in der Auffindung und übersichtlichen Zusammenfassung der Naturgesetze, und Hypothesen, welche sich auf das reine Erklären beschränken und keine Prüfung durch das Experiment zulassen, werden demgemäß als minderwertig bezw. als überflüssiger Ballast angesehen.

Von diesem Standpunkte aus möchte ich hier 1) zunächst die bisherigen Theorien über die Structur der Krystalle einer kurzen Kritik unterziehen (S. 158—163), 2) sodann den Versuch einer zusammenfassenden allgemeineren Theorie unternehmen (S. 164—175) und 3) Erwägungen anstellen, wie diese Theorie zu prüfen ist (S. 175—182).

## I.

Ihre Fruchtbarkeit hat die Atomtheorie eigentlich schon vor Auffindung der stöchiometrischen Gesetze gezeigt, und zwar insofern als das Grundgesetz der Krystallographie ja an der Hand von Speculationen über den

1) Reden und Abhandlungen 2, 45, 4. Aufl.

Aufbau, d. i. die Structur der Krystalle gefunden wurde. Ein lückenloser Aufbau kleinster Parallelepipede — wie Haüy ihn annahm — kann eben nur Flächen liefern, deren Indices rationale Zahlen darstellen. Zwar läßt Haüy diese Parallelepipede (molecules soustractives) noch weiter zerfallen in die integrierenden Moleküle, welche unseren heutigen chemischen Molekülen entsprechen, aber auch ihnen wird bereits eine ganz bestimmte, mit der stofflichen Natur variierende regelmäßige Form zugeschrieben. Vom principiellen Standpunkte betrachtet, wird also von Haüy die Form der Krystalle ganz auf die Form der Moleküle bezw. Atome zurückgeführt.

Insofern nun die lückenlose Aneinanderfügung gleicher Parallelepipede dieselbe Anordnung der Mittelpunkte liefert, wie sie den Raumgittern zukommt, hat man zeitweise mehr oder weniger geglaubt, schlechthin mit diesen behufs Erklärung der Krystallformen auskommen zu können und dementsprechend den Molekülen einfach die Gestalt von Kugeln oder Ellipsoiden zugeschrieben. Als man aber das Wesen der Symmetrie näher erforschte, zeigte sich, daß bei den Raumgittern nur sieben verschiedene Gruppen möglich sind, welche den üblichen Krystallsystemen entsprechen, daß aber bei den Krystallformen selbst jedenfalls 32 verschiedene Gruppen unterschieden werden müssen. Demgemäß konnten dann natürlich die Raumgitter allein zur Erklärung der Krystallformen nicht mehr ausreichen, und die Lösung des damit auftretenden Problemes wurde bisher durch zwei wesentlich verschiedene Theorien erstrebt.

Die erstere, die Gittertheorie von Bravais, schreibt zu dem Ende den Molekülen die gleiche Symmetrie zu wie den Krystallen und kann hiernach natürlich mit den einfachen Raumgittern auskommen und zudem von allen Molekülen eine gleiche, völlig parallele Stellung fordern.

Die zweite, die reine Structurtheorie, wie sie von Sohncke, v. Fedorow, Schönflies, Barlow und anderen geschaffen wurde, läßt dagegen die Form der Moleküle ganz außer Betracht, respective spricht ihnen jegliche Symmetrie ab und sucht die Symmetrie der Krystallform allein durch die Anordnung und Stellung (Orientierung) der Moleküle zu erklären.

Neben diesen beiden Haupttheorien lassen sich aber auch noch manche specielle Hypothesen unterscheiden, so insonderheit die Mallardsche, welche gleichsam eine Mittelstellung einnimmt, sich nach ihrem Urheber indessen nur auf die unvollkommenen Krystalle erstrecken sollte.

In der reinen Structurtheorie finden sich überdies große Gegensätze; so zwischen den Ansichten v. Fedorows einerseits, und denjenigen Sohnckes andererseits, insofern ersterer z. B. schließlich nur solche Structuren gelten lassen will, die eine paralleloëdrische Raumteilung zulassen.

Zugunsten der Bravaisschen Gittertheorie spricht zunächst ihre große Einfachheit. Gegen dieselbe läßt sich aber einwenden, daß man den einfachen chemischen Molekülen nicht die vielfach hohe Symmetrie der Krystalle

zusprechen kann und daß die Methoden zur Bestimmung der Molekulargröße im krystallisierten Zustande die reale Existenz besonderer Krystallmoleküle nicht zu rechtfertigen vermögen.

Ohne die Annahme solcher größerer Krystallmoleküle kann man aber mit der einfachen Gittertheorie — zumal bei völlig paralleler Stellung der Elemente — nicht auskommen.

Für die weite Anerkennung und Verbreitung der reinen Structurtheorie war bisher wohl besonders der Umstand von Bedeutung, daß sie eine einfache Erklärung für das Auftreten der Circularpolarisation bei den enantiomorphen Formen zu geben vermochte. Diesen Gebilden wird von der Theorie eine schraubenförmige Anordnung der Moleküle zugeschrieben, und da in solcher Weise sich auch durch Schichtung dünner doppeltbrechender Lamellen Circularpolarisation erzeugen läßt, so tritt damit eine ungewöhnliche Evidenz zutage. Indessen nicht alle enantiotropen Krystalle zeigen Circularpolarisation, und da diese Eigenschaft neuerdings auch bei vier nicht enantiotropen acentrischen Gruppen nachgewiesen wurde, so hat der Umstand wohl sehr an Bedeutung verloren. Und von vornherein erscheint es dem unbefangenen Urteil wohl ebenso berechtigt, die Circularpolarisation auch in den Krystallen direct auf die Natur und Configuration der chemischen Moleküle zurückzuführen, und zwar um so mehr, als einerseits die Structurtheorie enantiotrope Krystalle principiell nicht ohne enantiotrope Moleküle erzeugen kann, und andererseits die Enantiotropie der Moleküle — wie das Beispiel des Natriumchlorats lehrt — im Momente des Krystallisierens[1]) erzeugt und gewandelt werden kann. Wenn aber die reine Structurtheorie den Anspruch erhebt, alle Eigenschaften der Krystalle allein durch die Lagerung der Moleküle erklären zu können, so gerät sie damit in einen Gegensatz zu dem eingangs erwähnten allgemeinen Principe, nach dem die Atomtheorie keine Eigenschaft der Körper zu erklären vermag, die man nicht vorher den Atomen selbst zugeschrieben hat. Zwar hebt Schönflies[2]) vom Standpunkte des Mathematikers gebührend hervor, daß schließlich der Grund für die besondere Structur eines Krystalls allein in der Natur und Gestalt des Moleküls gesucht werden müsse; aber bei den Versuchen, die Theorie praktisch zu gestalten und prüfbar zu machen, dürfte dieser Umstand doch nicht genügend Beachtung gefunden haben.

Nach der reinen Structurtheorie liegen den Krystallen bekanntlich sogenannte Punktsysteme oder regelmäßige Molekelhaufen zugrunde, welche in der Weise erhalten werden, daß man so viel ($n$) gleiche Raumgitter ineinander stellt, als der Krystall nicht äquivalente Deckoperationen (Symmetrieelemente) besitzt, und zwar derart, daß die $n$ gleichen Gitter auch erhalten

1) Siehe S. 170.

2) Krystallsystem und Krystallstructur, Leipzig 1893, S. 614.

werden, wenn man von einem einzelnen ausgeht und mit diesem die sämtlichen $n$-Deckoperationen ausführt. Im ganzen ergaben sich hiernach 230 verschiedene Punktsysteme, und die Anzahl der ineinander gestellten einfachen Gitter beträgt im Maximum 24 oder 48, je nachdem auch Deckoperationen 2. Art (Spiegelungen) in Betracht kommen oder nicht. Denn wenn man den Molekülen jegliche Symmetrie abspricht, dann können alle nicht enantiomorphen Krystalle nur aus zwei verschiedenen Molekelarten aufgebaut werden, die entgegengesetzt enantiomorph sind, im übrigen aber übereinstimmen.

Allgemein bestimmt sich also hiernach die Art und die Anzahl der möglichen nicht parallelen Stellungen (Orientierungen) der Moleküle durch die nicht äquivalenten Deckbewegungen, d. i. im Maximum zu 24; und andere Orientierungen, als den Deckbewegungen der 32 Gruppen entsprechen, haben hiernach als unmöglich zu gelten. Insonderheit sind also nach dieser Theorie alle Moleküle mit fünf, sieben oder neun nicht parallelen Orientierungen ausgeschlossen, und insofern es fünfwertige Elemente bezw. cyklische Verbindungen mit fünf und sieben Atomen gibt, dürfte eine solche Beschränkung von vorneherein wenig Berechtigung haben. Und wenn Sohncke[1]) zur Begründung seiner Theorie gegenüber der reinen Gittertheorie die Frage aufwirft: »Warum sollte z. B. nicht eine derartige Anordnung der Molekülcentren in gewissen Krystallen möglich und sogar wahrscheinlich sein, bei der sie in einer Ebene die Ecken von lückenlos aneinander liegenden regelmäßigen Sechsecken, wie Bienenzellen bilden?«, so läßt sich darauf antworten, eine solche Structur ist unwahrscheinlich, weil sie Lücken aufweist; denn bei gleichmäßiger bezw. dichtester Raumerfüllung bleibt hier im Centrum eines jeden Sechseckes für ein weiteres Molekül Platz. Zudem kommt, daß auch bei den Elektronen, die doch in mancher Hinsicht analoge Verhältnisse darbieten, eine regelmäßige Anordnung von mehr als fünf Einheiten in ein und derselben Ebene zu unbeständigem Gleichgewichte führt[2]).

Viel näher und berechtigter dürfte hier jedenfalls eine andere Frage sein, nämlich die: weshalb sollen nicht mehr als 24 nicht parallele Orientierungen möglich bezw. wahrscheinlich sein? Denn in dem Maße, wie sich die Gestalt eines Atoms oder Moleküls der Kugel, dem Rotationsellipsoid nähert, werden sogar unendlich viele Orientierungen von gleicher Berechtigung, und nach den Ergebnissen der Spectralanalyse erscheinen ja derartige Verhältnisse bei vielen Elementen als durchaus wahrscheinlich[3]). Indem die reine Structurtheorie nur so viele und derartige Orientierungen

1) Entwickelung einer Theorie der Krystallstructur, Leipzig 1879, S. 23.

2) J. J. Thomson, Die Corpusculartheorie der Materie, Cap. 5, Braunschweig 1908.

3) Siehe S. 175/76.

der kleinsten Teile zuläßt, als die Deckbewegungen (Symmetrieelemente) der 32 Gruppen ergeben, dürften der Gestaltungskraft und Anpassungsfähigkeit der Moleküle und Atome wohl entschieden zu enge Grenzen gesetzt werden. Denn in letzter Instanz will das doch besagen, daß auch bei den Atomen und Molekülen weder annäherungsweise noch in der Anlage andere Symmetrieverhältnisse möglich sind, als solche, welche dem Grundgesetze der Krystallographie und den 32 Gruppen entsprechen. Das Grundgesetz aber dürfte völlig unabhängig von der Form und Gestalt der Moleküle allein durch deren dichteste Lagerung zu erklären sein; denn als dichteste Lagerung wird immer die einfachste und regelmäßigste gelten müssen, und die denkbar einfachste ist eben die raumgittermäßige, und demgemäß erscheint hiernach das Grundgesetz auch völlig verständlich und erklärt. Und was die 32 Gruppen anbetrifft, so ist hier zu beachten, daß ihre Symmetrieverhältnisse — genau genommen — kein Resultat der empirischen Forschung an den Krystallen darstellen, sondern ein Ergebnis der mathematischen Deduction. Die in ihnen ausgesprochenen Gesetze sind demgemäß zunächst auch nur als räumliche Gesetze zu betrachten, d. h. ohne weiteres kann ihnen der Herleitung und Begründung gemäß strenge Giltigkeit nur für den objectiven continuierlichen Raum zugesprochen werden. Ob sie — und zumal in aller Strenge — auch für die Krystalle gelten, bei denen wir es mit der discontinuierlichen, zu Atomen und Molekülen individualisierten Materie zu tun haben, ist erst eine weitere Frage, die sich überhaupt nicht a priori, sondern nur an der Hand der Erfahrung und Beobachtung entscheiden läßt. Und dieser Standpunkt dürfte schließlich noch um so mehr Berechtigung haben, als ja räumlich nicht bloß 32, sondern unendlich viele Symmetriegruppen möglich sind, und die Aussonderung der 32 erst durch das Grundgesetz der Krystallographie bedingt wird. Nach den Ergebnissen der Erfahrung aber zeigen alle wirklichen Krystalle mehr oder minder Unvollkommenheiten — sowohl Abweichungen von dem Grundgesetze, wie Ausnahmen von den Symmetrieregeln der 32 Gruppen — und nicht selten verbleiben selbst bei der eingehendsten und sorgfältigsten Untersuchung eines Körpers Zweifel hinsichtlich der Zuweisung zu einer bestimmten Symmetriegruppe. Insonderheit bestehen bekanntlich in dieser Hinsicht die schwierigsten Verhältnisse bei den sogenannten Grenzformen. Zwar sind vom Standpunkte der reinen Structurtheorie auch diese Unvollkommenheiten nicht als unverständlich zu bezeichnen — und diejenigen Mallardschen Annahmen, welche zu regelmäßigen bezw. symmetrischen Verhältnissen führen, finden sich auch hier vertreten — aber ihre eigentliche Aufgabe besteht doch in der Erklärung der idealen Krystalle. Und was die Theorie in dieser Hinsicht leistet liegt darin, daß sie zeigt, wie man Molekelhaufen aufbauen kann, deren Symmetrie als Ganzes genommen allen Verhältnissen der 32 Gruppen zu ent-

sprechen vermag, während die einzelnen Bausteine, selbst die Molekel, keinerlei Symmetrie besitzen.

Insofern aber der eigentliche Grund für das Zusammentreten zu bestimmten Structuren immer nur in den Qualitäten bezw. Gesetzmäßigkeiten der Molekel gefunden werden kann, ist das zugrunde liegende Problem genau genommen nur hinausgerückt, nicht aber gelöst worden. Schönflies[1]) deutet das auch selbst an, indem er schreibt: »Die mathematischen Erörterungen der Structurtheorie haben bisher davon abgesehen, das hierin eingeschlossene mechanische Problem zu lösen und auf Grund der Ausgangshypothese die Entstehung der Krystallmasse zu erklären«, und weiter heißt es, »daß erst diese Untersuchung der Theorie einen physikalischen Wert zu sichern imstande ist.«

Entsprechend dem eingangs erwähnten Grundsatze, nach dem die Atomtheorie keine fundamentalen Eigenschaften der Körper zu erklären vermag, die sie nicht vorher den Atomen selbst zugeschrieben, lassen sich aber räumliche Verhältnisse — insonderheit die Symmetrie der Krystalle — immer nur auf räumliche Verhältnisse bei den Atomen und Molekülen zurückführen. In letzter Instanz will freilich dieser Grundsatz wohl nichts anderes besagen, als daß das Causalitätsprincip — wie Helmholtz sich ausdrückt — mit der Gesetzlichkeit und Notwendigkeit der Naturerscheinungen und Vorgänge erschöpft ist — oder mit anderen Worten, daß die erkennbaren letzten Ursachen immer nur in den beherrschenden Gesetzen bestehen können. Indessen an dem Ergebnisse, daß die reine Structurtheorie keine Lösung des eigentlichen Problems sein kann, wird damit nichts geändert. Im Gegenteil, es wird damit nur klargestellt, weshalb diese Theorie als solche notwendig unfruchtbar bleiben mußte. Denn wenn sie die räumlichen Verhältnisse der Atome und Moleküle ganz außer Betracht läßt, bezw. ihnen jegliche Symmetrie abspricht, dann kann sie unmöglich dazu beitragen, die gesetzmäßige Verknüpfung zwischen den räumlichen Eigenschaften der Atome und Moleküle einerseits und den räumlichen Eigenschaften der Krystalle andererseits aufzufinden und klarzustellen. In der Auffindung dieser Gesetzmäßigkeiten und Gesetze aber besteht die Lösung des eigentlichen Problems. Und was die räumlichen Verhältnisse der Atome und Moleküle anbetrifft, so kommen sie zum Ausdrucke in dem gesamten physikalischen und chemischen Verhalten und insonderheit auch in der Krystallform. Mit dieser Kritik der reinen Structurtheorie soll aber keineswegs gesagt sein, daß ihr alle Bedeutung abgeht; als mathematische Vorarbeit kann sie vielmehr mit Recht das große Verdienst beanspruchen, die obwaltenden geometrischen Verhältnisse allseitig geklärt zu haben; ihr Verhängnis besteht nur darin, daß sie vielfach mißverstanden bezw. für eine Lösung des Problems gehalten wurde.

1) l. c. S. 614.

## II.

Den Ausgangspunkt für eine übersichtliche Behandlung des vorliegenden Problems liefern wohl am besten die Erscheinungen der Isomerie und Polymorhpie. Bekanntlich hat es zu allen Zeiten Forscher gegeben, die den Unterschied zwischen Isomerie und Polymorphie nicht als einen qualitativen und principiellen, sondern als einen quantitativen bezw. intensiven oder stufenmäßigen erachteten, und die demgemäß die Polymorphie für eine Isomerie hielten, die nur so schwach ausgebildet ist, daß sie bei den chemischen Reactionen nicht mehr in Erscheinung tritt. Und in Übereinstimmung hiermit steht, daß wir vielfach kein Mittel und kein Verfahren besitzen, um scharf zwischen Isomerie und Polymorphie zu unterscheiden[1]). Zwar wurde bisher die Bezeichnung »polymorph« nur auf den festen, den krystallisierten Zustand angewendet, indessen seit dem Auffinden der anisotropen Flüssigkeiten und fließenden Krystalle ist auch dieses Unterscheidungszeichen mehr oder minder hinfällig geworden. Für gewöhnlich wird freilich vielfach zwischen Isomerie und Polymorphie in der Weise unterschieden, daß man sagt, bei der Isomerie handle es sich um eine verschiedene chemische Constitution, d. i. um eine verschiedene Anordnung und Lagerung der Atome innerhalb ein und desselben Moleküls, bei der Polymorphie dagegen um eine verschiedene Lagerung (Structur) der chemischen Moleküle im Krystall bezw. um eine Bildung besonderer größerer und loserer Molekülcomplexe (Krystallmoleküle). Indessen für die reale Existenz besonderer Krystallmoleküle hat die exacte empirische Forschung keine sicheren Grundlagen und Kennzeichen aufzufinden vermocht, und was die verschiedene Lagerung der chemischen Moleküle, die Structur anbetrifft, so kann eine Ursache hierfür letzten Endes immer nur in einer verschiedenen Beschaffenheit des chemischen Moleküls gefunden werden. Und das Gleiche gilt auch für den Fall, daß man dem Begriffe Krystallmolekül eine rein abstracte Bedeutung beilegt, etwa in der Art, daß man darunter nur die benachbarten Moleküle von verschiedener Orientierung zusammenfaßt.

Alle Ursachen und letzten Gesetze, die den verschiedenen Zusammenschluß der chemischen Moleküle, sei es zu besonderen Krystallmolekülen und Orientierungen, sei es zu besonderen Krystallnetzen (Raumgittern) und Structuren bestimmen und beherrschen, können immer nur unter Berücksichtigung der Constitution und der räumlichen Verhältnisse des Moleküls selbst gefunden werden. Zwar wirken dabei auch äußere Verhältnisse und Umstände mit, aber die Unterscheidung zwischen innen und außen ist und bleibt immer die oberste, welche sich schließlich bei allem consequenten Denken und Forschen zuletzt von selbst einstellt, und dementsprechend

1) A. Fock, Über Isomerie und Polymorphie. Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1909, **42**, 4527.

lassen sich die Ursachen, Gründe und Gesetze, welche die verschiedenen Krystallformen der polymorphen Substanzen bestimmen und bedingen, von vornherein in zwei Classen bringen, nämlich äußere und innere.

Die äußeren Ursachen und Bestimmungselemente werden gegeben durch die Größen Temperatur, Druck, Dichte, bezw. Volumen. Und in Übereinstimmung hiermit finden wir, daß die verschiedenen polymorphen Formen ihrer Existenzfähigkeit nach durch ganz bestimmte Temperatur-Druckintervalle allseitig abgegrenzt werden, und daß im allgemeinen innerhalb ein und desselben Intervalles niemals zwei Formen gleichzeitig beständig sind.

Die inneren Ursachen und Bestimmungselemente werden dagegen geliefert durch die chemische Constitution und die sogenannte Configuration des Moleküls, d. i. die näheren räumlichen Verhältnisse und Symmetrieanlagen.

Zwischen beiden Arten von Ursachen und Bestimmungselementen aber wird natürlich eine Wechselwirkung und ein gesetzmäßiger Zusammenhang bestehen, derart, daß bestimmten Temperaturen, Drucken und Dichten auch immer eine bestimmte Configuration entspricht.

Dementsprechend ergibt sich dann hiernach die weitere Folgerung, daß mit einer Änderung von Druck und Temperatur auch gleichzeitig eine Änderung der Configuration des Moleküles verknüpft sein muß, und fraglich bleibt es nur, ob diese parallelen Änderungen continuierlich oder sprungweise verlaufen. Insofern nun der Übergang zwischen den verschiedenen polymorphen Krystallformen stets discontinuierlich unter plötzlicher Volumenveränderung und Wärmetönung erfolgt, wird man zunächst vielleicht geneigt sein, allgemein auch eine sprungweise Änderung der Configuration des chemischen Moleküls anzunehmen. Indessen notwendig ist diese Annahme wohl nur, soweit der feste — der krystallisierte Zustand — vorliegt und in Frage kommt.

Im flüssigen und im Lösungszustande kann diese parallele Veränderung der Configuration mit den Größen Temperatur und Druck dagegen sehr wohl continuierlich erfolgen und zwar um so mehr, als hier die gleichzeitige Existenz verschiedener Configurationen durchaus als möglich erscheint, ja selbst ein Schwanken um einen Mittelwert — eine mittlere Configuration — nicht unwahrscheinlich wird. Und in Übereinstimmung hiermit steht, daß die Eigenschaften der Dichte, der Reibung, des Leitvermögens, der Lichtbrechung und Absorption eine sprungweise Änderung im flüssigen und Lösungszustande niemals erkennen lassen, sondern immer nur im krystallierten.

Nach der kinetischen Theorie der Materie aber kann überhaupt eine wirkliche Constanz der Configuration eigentlich erst durch die regelmäßige Lagerung des krystallisierten Zustandes zustande kommen, ebenso wie andererseits

das Vorherrschen einer bestimmten regelmäßigen bezw. symmetrischen Configuration den Krystallisierungsproceß bedingen und begünstigen muß.

Denn die Größen Temperatur und Druck verlieren ja vom Standpunkte dieser Theorie ihre Bedeutung bezw. ihre Eindeutigkeit, sobald man sich molekularen Dimensionen nähert; ihre Größe schlechthin, ihre Intensität wird ja bestimmt und bedingt durch die Geschwindigkeit der Moleküle, und insofern sich diese nach der Wahrscheinlichkeitsrechnung für jedes Molekül verschieden ergibt und mit der Zeit ändert, kann demgemäß von bestimmten resp. constanten Temperaturen und Drucken nur dann die Rede sein, wenn enorm viel Moleküle in Betracht kommen, nicht aber bei einem einzigen oder wenigen.

Analoger Weise darf hiernach von einer constanten Configuration des Moleküls im flüssigen und Lösungszustande nur dann gesprochen werden, wenn man eine große Menge in Betracht zieht, und die Constanz muß sich dann ergeben als ein mittlerer bezw. wahrscheinlichster Wert. Eine wirkliche Constanz aber erscheint überhaupt erst dadurch möglich, daß sich gleiche Individuen regelmäßig zusammenschließen und so ihre Configuration festlegen und festhalten, d. h. ohne Krystallisation keine constante und gleichmäßige Configuration.

Beim amorphen Erstarren würden dagegen alle vorhandenen Configurationen der Moleküle unverändert erhalten bleiben; und in Übereinstimmung hiermit steht ja auch, daß der Übergang in den amorphen Zustand stets continuierlich erfolgt, ohne plötzliche Volumenveränderung und Wärmetönung.

Bisher war es freilich üblich, den amorphen Zustand allein durch die regellose Lagerung der Moleküle zu erklären; die große Verbreitung der Polymorphie, d. i. die allgemeine Veränderlichkeit der Krystallform mit den Größen Druck und Temperatur führt aber wohl folgerichtig dazu, hier gleichzeitig auch eine begrenzte Verschiedenheit der Configuration in Betracht zu ziehen. Denn schließlich dürfte die tatsächlich an amorphen Körpern, wie Glas, vielfach vorhandene Homogenität bei regelloser Lagerung völlig gleich configurierter Moleküle weniger leicht verständlich erscheinen, als bei der Annahme, daß die Configuration ebenso wie im Lösungs- und Gaszustande bis zu einem gewissen Grade der Umgebung angepaßt ist. Völlige Gleichheit der Molekülconfiguration erfordert jedenfalls weit mehr eine völlig regelmäßige Lagerung (Structur), wenn anders ein wirklich homogener Körper, ein Krystall resultieren soll. Überdies wird daneben noch die Bedingung zu stellen sein, daß die Structur mit der Configuration derart harmoniert, daß keine merklichen Lücken d. h. Inhomogenitäten entstehen. Und in der näheren Formulierung und Auffindung dieser Bedingung besteht auch wohl letzten Endes der Kern des vorliegenden Problems. Den besten Ausgangspunkt für eine nähere Erörterung der Verhältnisse aber bietet

wohl die bekannte, van der Waalsschen Zustandsgleichung der Gase $\left(p + \frac{a}{v^2}\right)(v - b) = RT$, in der $b$ das den Molekülen entsprechende Volumen und $a$ den sogenannten Cohäsionsdruck der Moleküle bezeichnet.

Die Herleitung und Begründung dieser Formel hat aber zur Voraussetzung, daß die Moleküle im Wesentlichen von kugelförmiger Gestalt sind, und daß demgemäß auch keine einseitig vorherrschenden Bewegungsrichtungen aufkommen können. Einer solchen Anforderung aber dürften im Allgemeinen zunächst nur die Elemente und die einfachen chemischen Verbindungen genügen können, nicht aber ein großer Teil derjenigen Substanzen, denen eine complicierte und zumal lang kettenförmige Constitution zukommt.

Schon Boltzmann[1]) unterscheidet deshalb zwischen molekular ungeordneten und molar ungeordneten Zuständen. Bei den ersteren sind alle Geschwindigkeiten bezw. alle Bewegungsrichtungen völlig willkürlich verteilt, d. h. entsprechend der Wahrscheinlichkeitsrechnung.

Bei den letzteren — den molar ungeordneten Zuständen — wird dagegen eine Vorzugsrichtung der Bewegung angenommen, und eine solche muß wohl notwendig gefolgert werden, sobald die Moleküle von länglicher Form oder kettenförmiger Natur sind, und zwar umsomehr, wenn man zugleich die möglichen Rotationsbewegungen in Betracht zieht.

Sind freilich die mittleren Weglängen groß im Verhältnis zum mittleren Abstande zweier Molekelschwerpunkte, d. h. liegt ein gasförmiger Zustand von geringem Drucke vor, so werden auch hier Vorzugsrichtungen der Bewegung kaum von Bestand sein und molar ungeordnete Zustände schnell in molekular ungeordnete übergehen. Anders liegen dagegen die Verhältnisse im flüssigem Zustande, hier bestehen relativ kleine Weglängen und dementsprechend muß eine molare Unordnung, ein Vorherrschen begünstigter Bewegungsrichtungen viel beständiger sein.

Im allgemeinen wird natürlich die Ausbildung molarer Zustände mit sinkender Temperatur an Wahrscheinlichkeit gewinnen und das Auftreten derselben von drei charakteristischen Merkmalen begleitet sein, nämlich 1) einer Anisotropie, 2) einer Trübung und 3) einer sprungweisen Änderung der Dichte, d. i. einer plötzlichen Volumcontraction.

Die Anisotropie wird notwendig, weil ein Schwarm von langgestreckten Molekülen, deren Axen alle parallel gestellt sind, nach verschiedenen Richtungen verschiedene physikalische Eigenschaften besitzt, d. h. sich wie ein krystallisiertes Medium verhalten und in Sonderheit Doppelbrechung zeigen muß.

Die Trübung wird gefordert, weil sich naturgemäß immer mehrere

---

1) Vorlesungen über Gastheorie, Leipzig 1895/98, 1, 49.

molare Schwärme gleichzeitig ausbilden und die Axen — die bevorzugten Bewegungsrichtungen bei verschiedenen Schwärmen — eine verschiedene Lage haben werden. Beim Übergang von einem Schwarm zum anderen findet dementsprechend eine unstetige Änderung der Dichte statt, und das hat weiter eine Zerstreuung des Lichtes und eine Trübung zur Folge, während ein Schwarm für sich betrachtet völlig klar und durchsichtig bleibt. Und um solche einzelne Schwärme (Tropfen) zu isoliren benutzte O. Lehmann bekanntlich den Kunstgriff der Flüssigkeit Colophonium zuzufügen.

Die plötzliche Dichteänderung bei dem Auftreten molarer Zustände wird schließlich notwendig, weil bei paralleler Stellung langgestreckter Moleküle das von den Molekülen in Anspruch genommene Volumen wesentlich geringer sein muß, als wenn die Stellung und Bewegung eine völlig regellose ist.

Alle diese Merkmale finden sich nun bei den sogenannten anisotropen Flüssigkeiten, bezw. fließenden Krystallen vor, bei denen Vorländer[1]) auch zuerst die lang-kettenförmige Constitution erkannte. Über den näheren Verlauf der plötzlichen sprungweisen Änderungen fehlt es zur Zeit freilich noch an genügend genauen und umfassenden Messungen, aber im Großen und Ganzen erscheint hiernach des Verhalten jener Substanzen doch wohl als plausibel.

Wenn freilich die Zustandsgleichung die anisotropen Flüssigkeiten mit umfassen soll, dann muß dem Factor $b$ noch ein Correctionsglied hinzugefügt werden, welches oberhalb der Klärungstemperatur, d. i. sobald die Substanz isotrop wird, verschwindet. Von Bose[2]) wurde neuerdings auch schon eine solche Formel entwickelt, die indessen — wie auch der Verfasser hervorhebt — nur von rechnerischer Bedeutung ist. Für eine rationale Formel fehlt es eben noch an den nötigen exacten Unterlagen.

Eine andere Frage aber bleibt es, ob man diesen anisotropen Flüssigkeiten bereits eine völlig regelmäßige Structur zuschreiben darf und sie demgemäß auch als fließende oder flüssige Krystalle zu bezeichnen sind. Sobald alle Verhältnisse genügend aufgeklärt sind, wird es sich hier freilich mehr um einen Wortstreit, d. i. um einen Streit um die Bezeichnungsweise handeln, der nur durch Übereinkommen zu schlichten ist. Notwendig ist die Annahme einer völlig regelmäßigen Structur zur Zeit wohl nicht; eine parallele Stellung der molekularen Längsaxen dürfte genügen, während die seitliche Lagerung als willkürlich und regellos gelten kann, und zwar umsomehr, als ja alle diese Substanzen scheinbar einaxig sind und die Doppelbrechung dasselbe (+) Zeichen besitzt. Indessen die große Bedeutung jener Körper für eine allgemeine Structurtheorie der Krystalle

1) Vorländer, Krystallinisch-flüssige Substanzen, Stuttgart 1908.
2) Bose, Physikalische Zeitschrift 1908, 9. Jahrg., 708.

bleibt unabhängig von derartigen Erwägungen und Annahmen die gleiche. Denn wenn die specifische Form und Verkettung der chemischen Moleküle sich in solcher Weise zu äußern vermag, dann kann eine wirkliche Theorie jedenfalls nicht von der Form und Gestalt der Moleküle ganz absehen, und in Sonderheit dürfte hiernach auch mit der Mallardschen Annahme, daß alle Krystallnetze annähernd kubische sind, und ebenso mit dem Fedorowschen Limitgesetz[1]), nach dem ein jeder Krystall entweder ein tetragonaloider oder ein trigonaloider bew. hexagonaloider ist, resp. derartigen idealen Gestalten zustrebt, einer allgemeinen Theorie zu enge Grenzen gesteckt werden.

Eine solche Beschränkung wäre höchstens berechtigt, wenn nur solche Molekelarten existierten oder in Betracht kämen, die der einfachen Zustandsgleichung entsprächen, d. i. nicht zu molaren Zuständen neigen. In Hinsicht auf die ungeheure Anzahl der chemischen Verbindungen werden aber sicher auch alle Übergänge und Zwischenglieder vorkommen, welche zwischen den langgestreckten Molekülen der anisotropen Flüssigkeiten einerseits und den kugelförmigen Gebilden der Elemente andererseits als möglich erscheinen, und dementsprechend dürften die Krystallnetze und Raumgitter auch eine große Mannigfaltigkeit zeigen können. Dazu kommt, daß die Structurverhältnisse und ihre Eigenschaften nicht allein mit der Form und Gestalt der Moleküle, sondern ebenso auch mit der Größe des Molekularvolumens, gewisse eigenartige Veränderungen und Verschiebungen erleiden, und die Bildung des Krystallwassers in sehr großen chemischen Molekülen, sowie die Quellbarkeit der Eiweißkrystalle liefern hierfür wohl die besten Beispiele. Überhaupt dürfte schließlich wohl zwischen den völlig homogenen Krystallen und den krystallinischen Aggregaten, wie sie z. B. vom Paraffin dargestellt worden, keine scharfe Grenze aufzufinden sein. Der alte Spruch »Die Natur macht keine Sprünge« dürfte sich vielmehr auch in der Krystallwelt behaupten, und demgemäß ein allmählicher stufenweiser Übergang bestehen.

Für die Wissenschaft als solche haben alle Stufen das gleiche Interesse, und für den Zusammenschluß zu besonderen mehr oder weniger regelmäßigen Structuren kann auf jeder Stufe immer nur die Form, Constitution und Configuration der chemischen Moleküle in Betracht kommen, und vielleicht wird man schließlich in dieser Hinsicht bei den unvollkommenen Gebilden leichter zu befriedigenden Resultaten gelangen als bei den vollkommenen Krystallen. Denn bei richtiger Stellung des Problems handelt es sich ja eben so sehr um die Ermittelung der räumlichen Verhältnisse des Moleküls wie um diejenigen der Krystallform bezw. Aggregate, und

---

1) Diese Zeitschr. 1907, **42**, 9.

nur durch eine gesetzliche Verknüpfung beider kann eine wirkliche Lösung zustande kommen.

Zu der Ansicht aber, daß dem Moleküle in der Lösung und in den verschiedenen polymorphen Modificationen eine verschiedene Configuration zugeschrieben werden muß, und daß die Configuration in der Lösung nur einen mittleren bezw. Durchschnittswert darstellen kann, wird man übrigens auch auf thermodynamische Wege, in Sonderheit an der Hand der Phasenlehre [1]) geführt. So darf z. B. nach der Phasenregel eine gesättigte Lösung von Natriumchlorat mit zwei verschiedenen Arten von Krystallen nur in einem Punkte, d. i. bei ganz bestimmter Temperatur und constantem Drucke im Gleichgewichte sein, nicht aber bei verschiedenen Temperaturen, wie das tatsächlich der Fall.

Man steht hier also zunächst vor der Entscheidung, ob man die Phasenregel als hinfällig und ungenau ansehen will, oder ob rechts- und linksdrehende enantiomorphe Krystalle als identische Phase zu gelten haben. Genau genommen aber bedeutet die letztere Annahme auch wohl ein Versagen der Phasenlehre und zwar um so mehr, als der Unterschied zwischen polymorphen Modificationen vielfach geringer ist als zwischen rechts- und linksdrehenden enantiomorphen Krystallen.

Bisher hat sich nun in den Fällen, in welchen die Phasenlehre zu versagen schien, noch regelmäßig die Annahme des Auftretens einer weiteren bezw. neuen Molekelart als berechtigt erwiesen, und dementsprechend wird natürlich auch hier dieser Ausweg nahe gelegt — um der Phasenregel eine strengere Giltigkeit zu verleihen. Vom Standpunkte der Krystallographen aber wird eine solche Annahme direct notwendig, denn keine Structurtheorie vermag rechte und linke Krystalle aus denselben gleich configurierten Molekülen aufzubauen. Damit rechte und linke Krystalle von Natriumchlorat sich nebeneinander bilden können, müssen zwei verschiedene Molekulararten in der Lösung vorhanden sein, die der Configuration nach entgegengesetzt enantiomorph sind. Insofern nun die Lösung von Natriumchlorat keine optische Activität erkennen läßt, und die rechten Krystalle nach der Auflösung auch linke Krystalle liefern und umgekehrt, so bleibt hiernach wohl nur die Annahme übrig, daß die Moleküle in der Lösung zwischen zwei entgegengesetzt enantiomorphen Gleichgewichtslagen (Configurationen) hin- und herpendeln, wie das ja auch vom kinetischen Standpunkte aus durchaus verständlich erscheint. Eine Festlegung sowie eine Sonderung der beiden enantiomorphen Grenzconfigurationen aber wird erst durch den Krystallisationsproceß, durch den Zusammenschluß zu rechten und linken Krystallen herbeigeführt. Der Lösung selbst kann dagegen

1) A. Fock, Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1910, **43**, 1318.

nur ein mittlerer Wert zugeschrieben werden und in Übereinstimmung damit steht, daß sie optisch völlig inactiv ist.

Was nun die Ermittelung der Configurationen, d. i. der räumlichen Verhältnisse der Moleküle anbetrifft, so wird sie sich nach den obigen Erörterungen wesentlich verschieden gestalten, je nachdem die Substanzen molare Zustände erkennen lassen oder nicht. Für das Studium der molaren Zustände scheint hauptsächlich der nähere Verlauf der sprungweisen Dichteänderungen von Bedeutung zu sein; indessen liegen zu eingehenden Erwägungen in dieser Hinsicht einstweilen noch zu wenig Beobachtungen vor.

Bei allen Substanzen aber, die nicht zu solchen Zuständen neigen, wird man im Großen und Ganzen die äußere Abgrenzung der Moleküle als constant und ellipsoidisch, bezw. als angenähert kugelförmig betrachten können, wenn auch bei freier Beweglichkeit in Hinsicht auf die veränderliche Geschwindigkeit und die Zusammenstöße ein gewisses Schwanken wahrscheinlich ist.

Vom Standpunkte der Elektronentheorie erscheint freilich ein jedes Atom und Molekül wie jedes Elektron als räumlich unbegrenzt, und zwar insofern, als die von ihm ausgehenden Kraftlinien und Felder bis ins Unendliche reichen. Indessen bleibt ihre merkliche Wirksamkeit trotzdem — wegen der eintretenden Superposition der Felder — eine engbegrenzte, und der Umstand, daß das Molekularvolumen im allgemeinen eine sogenannte additive Eigenschaft darstellt, stimmt hiermit bestens überein und rechtfertigt dementsprechend wohl auch die obige Annahme.

Wie weit aber die Begrenzung der Moleküle durch den Krystallisationsvorgang zu einer parallelepipedischen deformiert wird, kann dahingestellt bleiben. Für das Zustandekommen der dichtesten Lagerung, der Raumgitterstructur und des Grundgesetzes würde das zwar mancherlei Vorzüge bieten; aber zur Erklärung der Symmetrie der 32 Gruppen reicht es ja doch nicht aus. Zu dem kommt, das auch bei einigen isomorphen Substanzen, d. i. bei gleicher Structur, die Symmetrieverhältnisse Verschiedenheiten zeigen, und überdies die Flächen vollkommenster Spaltbarkeit durchaus nicht immer als Krystallflächen auftreten und vorherrschen.

Ein näheres Eingehen auf die inneren räumlichen Verhältnisse der chemischen Moleküle und Atome wird also doch erforderlich; man müßte ihnen denn bereits eine derartig ausgeprägte äußere regelmäßige polyedrische Form zuschreiben, daß sich daraus ohne weiteres alle vorkommenden Symmetrieverhältnisse ergeben. Das aber wird niemand wollen und können, der die heutigen chemischen Constitutionsformeln für richtig hält und gebührend in Betracht zieht.

Auch wird man wohl keinen Widerspruch zu gewärtigen haben, wenn man diese Formeln als die Grundlage für die Erörterung der inneren räumlichen Verhältnisse hinstellt und in Sonderheit die Valenzen und ihre Rich-

tungen als die Elemente betrachtet, aus denen sich die Symmetrie aufbaut; und diese Symmetrieelemente müssen sich vervielfachen in dem Maße, als einem Moleküle mehrfache Orientierungen in einem einfachen Raumgitter zukommen.

Demgemäß aber besteht zunächst die Frage, ob bei mehrfacher Orientierung und ebenso bei völlig regelloser, willkürlicher Verteilung dieser Orientierungen im Raumgitter auch ein homogener Krystall als möglich erscheint.

Insofern nun einerseits — wie die isomorphe Mischungen lehren — auch chemisch recht verschiedene Moleküle an dem Aufbau eines homogenen Krystalles Teil nehmen können und andererseits — wie die amorphen Körper lehren — sogar eine völlig regellose Lagerung die Homogenität nicht ausschließt, läßt sich die Frage im allgemeinen nach jeder Richtung hin bejahen. Jedoch dürfte es auch hier vielfache Ausnahmen geben; nicht alle Moleküle können die gleiche Anpassungsfähigkeit besitzen, und dafür, daß die Homogenität nicht immer völlig erreicht wird und dennoch sich derartige Verhältnisse verwirklichen, spricht wohl am Besten die Zwillingsbildung und in Sonderheit das häufige Vorkommen der sogenannten Grenzformen.

Eine andere wichtige Frage bleibt es dann, welche und wie viele solcher verschiedener Orientierungen bei den Molekülen möglich sind. Daß hier eine Beschränkung auf diejenigen Fälle, welche den Deckbewegungen der 32 Gruppen entsprechen, wenig begründet ist, wurde schon im ersten Teile dieser Abhandlung (S. 161) auseinandergesetzt, und wenn man bedenkt, daß sich die Krystallformen von höchster Symmetrie ganz vorwiegend bei den Elementen und einfachsten Verbindungen finden, und daß zumal die Elemente und Metalle regelmäßig — soweit sie untersucht — hexaëdrisch sind, so wird man auch unendlich viele, d. i. ganz beliebige Orientierungen nicht als unwahrscheinlich hinstellen können. Für eine kugelförmige bezw. ellipsoidische Umgrenzung der Atome ist diese Annahme ja sozusagen selbstverständlich, da die verschiedenen Orientierungen äußerlich nicht zu unterscheiden sind, und ob und wie weit nicht gesättigte bezw. nur durch Elektronen gesättigte Valenzen als innere Symmetrieelemente die Orientierung bestimmen und bedingen können, erscheint bei der freien Beweglichkeit der Elektronen in den Metallen wohl mehr als fraglich.

Bei den chemischen Verbindungen, den Molekülen, werden freilich in Hinsicht auf die ausgeprägten Valenzen im allgemeinen wohl nur wenige verschiedene Orientierungen anzunehmen sein, aber von den einfachsten Körpern, wie den Chloriden und Oxyden, bei denen nur eine einzige Valenzrichtung in Betracht kommt, wird eine Annäherung an das Verhalten der einfachen Atome nicht unwahrscheinlich, zumal wenn man in Betracht zieht, daß z. B. das Molekularvolumen des Kaliumchlorids wesentlich kleiner ist als das Atomvolumen des Kaliums.

Andererseits erscheint es aber auch nicht unwahrscheinlich, bezw. unmöglich, daß mit den verschiedenen Orientierungen auch eine gewisse räumliche Differenzierung verbunden ist, und besonders spricht hierfür der Umstand, daß entgegengesetzt optisch active Moleküle nicht allein racemische Verbindungen bilden, sondern häufig auch isomorphe Mischungen liefern. Im flüssigen und Lösungszustande ist ja überhaupt ein Schwanken der Configuration um einen Mittelwert anzunehmen, und daß hiernach beim Erstarren — beim Krystallisieren — zwei oder mehrere Gebilde resultieren, die nach verschiedenen Richtungen von diesem Mittelwerte und der ihm zukommenden Symmetrie um gleich viel abweichen, d. h. sich wie rechte und linke enantiomorphe Formen verhalten, erscheint wohl leicht verständlich. In einzelnen Fällen kann freilich eine derartige Differenzierung der Moleküle auch so stark werden, daß sie zu einer verschiedenen Krystallbildung führt, wie das Beispiel des Natriumchlorats lehrt. Im allgemeinen aber scheint das, soweit die Enantiomorphie nicht auf gesättigten Valenzen basiert ist, nicht einzutreten und die reine Structurtheorie baut ja auch alle nicht enantiomorphen Krystalle aus zwei entgegengesetzt enantiomorphen Molekülarten auf.

Eine letzte Frage ist es schließlich, ob sich die verschiedenen Orientierungen einer Molekel auch regelmäßig auf ein Raumgitter verteilen können, oder nur unregelmäßig, und hier scheinen nun beide Annahmen zunächst gleichberechtigt zu sein. Bei geringer Anzahl der Orientierungen dürfte die regelmäßige Verteilung wohl die größere Wahrscheinlichkeit für sich haben, wenn daneben auch sicher individuelle Verhältnisse, wie Anpassungsvermögen und Stärke der räumlichen Differenzierung der Molekel, mitsprechen werden.

Bei solch regelmäßiger Verteilung aber können bestimmte regelmäßige Molekelhaufen (Punktsysteme) der reinen Structurtheorie resultieren. Die näheren Verhältnisse, unter denen dies stattfindet, wurden schon von Schönflies[1]) klargestellt. Bedingung ist, daß die Moleküle gleicher Orientierung für sich ein besonderes Gitter bilden, und dementsprechend handelt es sich dann um mehrere in einander gestellte Raumgitter, die, von der verschiedenen Orientierung abgesehen, zusammengenommen wieder ein einfaches Raumgitter bilden. Und solche Structuren der reinen Structurtheorie sind nach der hier vertretenen Auffassung als möglich und wahrscheinlich zu betrachten, während die übrigen, die dem Principe der dichtesten Lagerung widersprechen, als ausgeschlossen gelten.

In Ansehung aller bisherigen Erörterungen, sowie der vorliegenden Tatsachen aber scheint mir hiernach eine allgemeine Theorie die nachstehenden Unterscheidungen treffen zu müssen:

I. Ideale (Bravaissche) Krystalle, welche der Bravaisschen Theorie entsprechen, bei denen also alle Moleküle einander parallel gestellt

1) Krystallsysteme und Krystallstructur, Leipzig 1891, S. 624.

sind, und ein jedes die gleiche Symmetrie besitzt wie der ganze Krystall. Ob freilich dergleichen Gebilde wirklich existieren, muß wohl zunächst dahingestellt bleiben. Eventuell aber würden sie wohl am ehesten zu finden sein unter denjenigen Körpern, die keine oder nur geringe Neigung zur Polymorphie zeigen, über weite Temperatur- und Druckintervalle stabil bleiben, und bei denen die chemische Constitution und die Configuration des Moleküls mit der Symmetrie des Krystalles zu harmonieren scheint, zumal also im triklinen Systeme.

II. Normale (Poly-) Krystalle, bei denen die Moleküle verschiedene Orientierungen zeigen, im Übrigen aber nach einfachen Raumgittern angeordnet sind. Je nach der Anzahl der Orientierungen und ihrer regelmäßigen oder unregelmäßigen Verteilung auf das Gitter lassen sich bei ihnen verschiedene Unterabteilungen unterscheiden, nämlich:

1) Krystalle mit unendlich vielen Orientierungen, die sich teils ganz beliebig verteilen, teils aber nur um eine bestimmte Axe gruppieren; sie dürften hauptsächlich unter den holoëdrischen Gebilden mit höherer Symmetrie zu finden sein, am wahrscheinlichsten aber bei den Metallen.

2) Krystalle mit vielen (mehr als 8—12) verschiedenen Orientierungen, die sich völlig regellos auf das Raumgitter verteilen; sie dürften zumeist durch mancherlei Unvollkommenheiten, in Sonderheit durch unscharfe Ausprägung der Symmetrieverhältnisse gekennzeichnet sein und hauptsächlich bei den einfachsten Verbindungen mit geringen Molekularvolumen vorkommen.

3) Krystalle mit wenigen (2—8) verschiedenen Orientierungen, die sich regelmäßig auf ein Raumgitter verteilen und dementsprechend bestimmten Structuren der reinen Structurtheorie entsprechen.

III. Grenzkrystalle, mit einer mittleren (4—12) Anzahl verschiedener Orientierungen, bei denen die räumlichen Verhältnisse der Molekel für eine regelmäßige wie für eine regellose Verteilung im Gitter gleich günstig liegen, und die dementsprechend die sogenannten polysynthetische Zwillingsbildung und gebrochene Flächen zeigen und zwar in dem Maße, daß sie nicht mehr als homogen gelten können. Den Übergang zu diesen Grenzkrystallen liefert natürlich die Abteilung 2 der normalen Polykrystalle.

IV. Anisotrope Flüssigkeiten, fließende Krystalle und krystallinische Aggregate, die sich bei solchen Substanzen bilden, deren Moleküle im flüssigen Zustande zu sogenannten molaren Anordnungen neigen, und deren besondere Verhältnisse teils auf die einseitig und eigentümlich ausgebildete Gestalt der Moleküle, teils auf eine nicht völlig regelmäßige Lagerung derselben zurückzuführen sind.

V. Quellbare Krystalle, die bei den Substanzen mit ganz hohem Molekulargewicht vorkommen, in Sonderheit bei den Eiweißkörpern, und

deren eigentümliches Verhalten wohl dadurch zu erklären ist, daß hier das weitmaschige Gitter und die großen Molekularvolumina capillarartig die Einlagerung von Molekülen des Lösungsmittels gestatten.

## III.

Wenn es sich darum handelt, die vorstehende allgemeine Theorie an der Hand der Erfahrung und des Experimentes zu prüfen und fruchtbar zu machen, so ist zunächst vom principiellen Standpunkte zu beachten, daß wir es überall nur mit Wahrscheinlichkeitsgesetzen zu tun haben können. Das bedingt schon die zu Grunde liegende Atomtheorie, und wenn die wichtigsten Gesetze der Materie sich auf statistischer Basis herleiten lassen, so dürfte das gleiche Verfahren schließlich auch hier zum Ziele führen. Fraglich bleibt es somit nur, ob nicht bequemere und kürzere Wege zu finden sind.

Zu dem Ende aber tut man gut, sich klar vor Augen zu halten, daß die maßgebenden Factoren, durch deren Verknüpfung die Gesetze allein zu Stande kommen können, gegeben werden: einerseits durch die Symmetrie und Harmonie der Krystalle, andererseits durch die räumlichen Verhältnisse der Atome und Moleküle — in Sonderheit die chemische Constitution und die Configuration.

Die maßgebenden Factoren sind nun aber zur Zeit bei den Krystallen weit sicherer und vollständiger bekannt als bei den Atomen und Molekülen und dementsprechend muß es sich hier zunächst auch vorwiegend um ein tieferes Eindringen in die Atom- und die Molekularwelt handeln. Bisher kamen hierfür hauptsächlich nur diejenigen Methoden in Betracht, welche zur Ermittelung der chemischen Constitution dienten, in neuester Zeit sind indessen noch zwei besondere Wege gefunden worden, von denen der eine von der Spectralanalyse, der andere von der Elektronentheorie und den radioactiven Stoffen ausgeht.

Was zunächst die in Betracht kommenden Ergebnisse der Spectralanalyse anbetrifft, so beschränken sie sich freilich einstweilen im wesentlichen auf die Configuration der Elemente; aber das ist andererseits um so wichtiger, als hier ja die chemischen Constitutionsformeln fehlen. Über den eigentlichen Mechanismus, der zur sogenannten Serienbildung[1]) führt, sind zwar recht verschiedene Ansichten aufgestellt worden, aber bei den drei Gruppen — Zink, Cadmium, Quecksilber — Magnesium, Calcium, Baryum, Strontium — Silber, Kupfer, Gold — verhalten sich z. B. die Wellenlängen der Hauptserien angenähert wie die Kubikwurzeln aus den Atomgewichten, und das ist nach F. v. Lindemann[2]) als Kennzeichen dafür anzusehen

1) Kaiser, Spectralanalyse **2**, 503.

2) Sitzber. d. Münch. Akad. 1901, 441 und 1903, 27, sowie Nature 1906, **73**, 392.

daß die Lichtschwingungen von einem kugelförmigen Atome ausgehen. Beim Magnesium, Silber, Kupfer und Gold wird freilich schließlich — wegen der gezeigten Nebenserien — auf ein etwas abgeplattetes Ellipsoid geschlossen. Bei den Alkalien dagegen, welche ein anderes charakteristisches Verhalten zeigen, wird ein stark gestrecktes Rotationsellipsoid vermutet.

Diese Ergebnisse harmonieren wohl bestens mit den Krystallformen, welche jene Elemente zeigen, denn die Alkalien werden — so weit sie untersucht werden konnten — als einaxig beschrieben. Silber, Kupfer, Gold und Quecksilber krystallisieren dagegen bekanntlich regulär, und wenn Zink, Cadmium, Magnesium, Calcium dem hexagonalen Systeme angehören, so wird das schon begreiflich, wenn die Configuration der Atome nur wenig von der Kugelgestalt abweicht, und das erscheint auch hier nach der näheren Natur des Spectrums durchaus wahrscheinlich. Wesentlich aber ist es, daß alle Elemente — und insonderheit die Metalle — in sogenannten holoëdrischen Formen auftreten, wie das vom Standpunkte der Theorie zu fordern ist, wenn die Configurationen der Atome Kugeln und Ellipsoiden entsprechen. Beim Diamant wird freilich vielfach Hemiëdrie angenommen, und in Hinsicht auf die tetraëdrische Anordnung der Valenzen des Kohlenstoffes erscheint das auch wohl nicht als unmöglich, bezw. unwahrscheinlich, indessen bedarf die Annahme — insofern sie einer Ausnahme entspricht — doch sehr einer exacten Prüfung und Bestätigung. Überhaupt dürfte eine vergleichend kritische Untersuchung der Elemente und ihrer Krystallformen gar viel zur Lösung des Problems beitragen können.

Größere Fortschritte sind daneben wohl von pyro- und piëzoëlektrischen Untersuchungen, sowie von einem eingehenden Studium der elektro- und magneto-optischen Effecte[1]) zu erwarten, insonderheit der Symmetrien, bezw. Dissymmetrien, welche die auftretenden Zerlegungen und Änderungen begleiten. Denn das optische Symmetrieaxensystem fällt ja im allgemeinen zusammen mit dem System der Eigenschwingungen der Elektronen, und jede Änderung des optischen Verhaltens erscheint demnach bedingt durch die Änderung der Schwingungsbedingungen der Elektronen. Und wenn es hiernach gelingen sollte, an der Hand der allgemeinen Elektronentheorie zu bestimmten Schlüssen über die Anordnung der Elektronen im Moleküle zu gelangen, so dürfte damit wohl der beste und sicherste Weg zu einer definitiven Lösung des Problems vorliegen.

Indessen die eigentliche Grundlage für ein tieferes Eindringen in die Verhältnisse der Molekularwelt ist und bleibt doch die chemische Constitution, und wie die Symmetrie der physikalischen Eigenschaften bedingt und beherrscht wird durch die Symmetrie der Krystallform, so wird sich

1) W. Voigt, Magneto- und Elektrooptik, Leipzig 1908. — Kaiser, Spectralanalyse 4[1], § 172—176.

auch schließlich ein gesetzlicher Zusammenhang mit der Symmetrie der chemischen Constitutionsformel ergeben müssen, und zwar um so mehr, als zwischen den chemischen und physikalischen Eigenschaften ja kein principieller Unterschied existiert. Bisher stand freilich der Auffindung eines solchen Zusammenhanges ein ungewöhnlich großes Hindernis entgegen, nämlich der Umstand, daß sich unter den am besten studierten Verbindungen solche finden, deren Krystallform ganz wesentlich geringere Symmetrie zeigt, als der Constitutionsformel ohne Zweifel zukommt. So besitzt z. B. die Benzolformel, wenn nicht die Symmetrie des hexagonalen, so doch sicher diejenige des trigonalen Systems, die Krystalle dieses Körpers gehören dagegen dem rhombischen Systeme an. Eine solche Sachlage aber steht so sehr in Widerspruch mit allen üblichen Auffassungsweisen, daß bisher wohl niemand eine Erklärung versuchte. Denn so einfach die Verhältnisse liegen, wenn die Krystalle gegenüber der Constitutionsformel die höhere Symmetrie besitzen — man braucht nur mehrere Orientierungen in Betracht zu ziehen — so schwierig gestaltet sich scheinbar der umgekehrte Fall.

An der Hand der im Teile II entwickelten Anschauungen über Isomerie und Polymorphie wird indessen auch hier eine Lösung möglich. Die Constitutionsformel des Benzols entspricht ja gemäß ihrer Herleitung nur dem flüssigen bezw. dem Lösungszustande, d. h. sie stellt einen Mittelwert — eine mittlere Symmetrie — dar, um den die tatsächlichen Einzelwerte herumschwanken. Und wenn sich bei dem Übergange in den krystallisierten Zustand hier nicht die mittlere symmetrische Configuration bildet — wie das sonst im allgemeinen zu erwarten —, so gibt es auch dafür einen besonderen Grund, nämlich den Umstand, daß die symmetrische Formel des Mittelwertes einen Spannungszustand darstellt, insofern die Valenzrichtungen des Kohlenstoffes aus der ursprünglichen Lage abgelenkt erscheinen und zwar gleichmäßig bei allen Atomen. Ob solche Verhältnisse aber einem Maximum der Stabilität entsprechen, bleibt doch sehr die Frage. Im freien flüssigen Zustande können die Spannungen sich verschieden verteilen und wechseln, ohne daß das im chemischen Verhalten, d. i. in der Constitution, zutage tritt; im starren krystallisierten Zustande ist dagegen ein solcher Wechsel ausgeschlossen, und dementsprechend muß dann bei verschiedener Verteilung auch die Symmetrie des Moleküls und schließlich der Krystallform eine niedrigere werden — und die nächstliegende Symmetrie ist die rhombische, welche ja auch dem krystallisierten Benzol zukommt —.

Die Hexasubstitutionsproducte, welche erhalten werden, wenn an Stelle des Wasserstoffes im Benzol Chlor und Brom treten, gehören freilich schon dem monoklinen System[1]) an; indessen ist hier auch in Betracht zu ziehen, einerseits das größere Atomvolumen und die mehrfachen Valenzen des

1) Fels, diese Zeitschr. 1900, **32**, 367.

Chlors und Broms und andererseits der Umstand, daß die Axenschiefen ($\beta$) nur wenig von 90° abweichen, d. h. eine große Annäherung an das rhombische System bestehen bleibt. Jedenfalls aber dürfte eine erneute kritische Bearbeitung der Benzolderivate von solchem Standpunkte aus wohl großes Interesse darbieten.

Ein anderes Beispiel, bei dem der Gegensatz zwischen der Symmetrie der chemischen Constitutionsformel und derjenigen der Krystallform anscheinend schwer zu verstehen ist, liefert das Perchloraethan $C_2Cl_6$. Bei gewöhnlicher Temperatur krystallisiert es rhombisch, bei 45°—46° wandelt es sich aber in eine trikline und bei 71° in eine reguläre Form um. Es findet hier also ein directer Übergang von der niedrigsten zur höchsten Symmetrie statt. Indessen die näheren Verhältnisse des Moleküls sind einer solchen Umwandlung auch wohl sehr günstig. Die Valenzrichtung, welche die einfache Bindung der beiden Kohlenstoffatome darstellt, wird ja gewöhnlich als drehbar um die Axe betrachtet, und dementsprechend können dann die drei restierenden Valenzen — obwohl sie mit dieser Axe den gleichen Winkel einschließen — im flüssigen, frei beweglichen Zustande eine stetig wechselnde Lage einnehmen. Im starren krystallisierten Zustande aber ist dieser Wechsel ausgeschlossen und je nach der Gegenüberstellung der Chloratome kann die ganze Molekel völlig unsymmetrisch erscheinen oder die Symmetrie des rhombischen bezw. trigonalen Systemes annehmen. Zum Aufbau eines regulären Krystalls wird freilich immer noch die Annahme mehrerer Orientierungen nötig, indessen das wird bei den Krystallen mit höchster Symmetrie fast regelmäßig erforderlich. Eine allgemeine Unterscheidung zwischen der Constitutionsformel im freibeweglichen Lösungszustande und derjenigen im starren krystallisierten dürfte schließlich so natürlich sein, daß hier kaum ein Widerspruch zu erwarten ist. Fraglich bleibt es nur, ob die Constitutionsformel für den krystallisierten Zustand auch als »chemische« zu bezeichnen ist. Der Herleitung und Aufstellung gemäß soll die chemische Constitution zunächst die chemische Natur, d. i. das Verhalten bei den Reactionen zum Ausdrucke bringen, und bekanntlich reagieren die Körper nur im gelösten, nicht aber im krystallisierten Zustande. Insofern aber zwischen physikalischen und chemischen Eigenschaften keine scharfe Grenze besteht, ist die Frage jedenfalls nicht von principieller Bedeutung. Um Mißverständnissen vorzubeugen wäre es vielleicht angezeigt, hier von einer physikalischen Constitution, bezw. Constitutionsformel zu sprechen und zwar um so mehr, als die Polymorphie ja doch vielfach als physikalische Isomerie bezeichnet wird. Am besten aber eignet sich dafür wohl der Ausdruck Configuration.

Im allgemeinen würde also hiernach einer jeden chemischen Verbindung nur eine einzige chemische Constitutionsformel, die dem flüssigen und Lösungszustande entspricht, dagegen — je nach der gezeigten Polymorphie

— mehrere physikalische Constitutionsformeln oder Configurationen zukommen. Selbstverständlich aber dürfen die letzteren nichts enthalten, was zu dem chemischen Verhalten in directem Widerspruch steht.

Bei den sogenannten tautomeren bezw. desmotropen Körpern werden freilich auch mehrere chemische Constitutionsformeln angenommen, und demgemäß sollte man hier auch wohl mehrere Krystallformen erwarten. Indessen sind meines Wissens die krystallographischen Verhältnisse dieser Körper noch nicht genügend untersucht und klargestellt.

Unter den polymorphen Modificationen zeichnen sich nun viele dadurch aus, daß sie angenähert demselben Raumgitter entsprechen, aber in dem Grade verschiedene Symmetrie besitzen, daß sie als verschiedenen Systemen angehörig betrachtet werden müssen. Sie wurden von P. v. Groth[1]) unter dem Namen polysymmetrische Körper besonders zusammengefaßt und von der eigentlichen Polymorphie abgetrennt. Bei den polysymmetrischen Modificationen ist also hiernach die Verschiedenheit von geringerem Grade als bei den polymorphen, und das tritt zunächst auch noch in der Weise in Erscheinung, daß die Modificationen mit geringerer Symmetrie denjenigen mit höherer Symmetrie in der äußeren Form durch Zwillingsbildung nachzustreben scheinen. Von dem hier vertretenen Standpunkte aus ist natürlich auch diese Unterscheidung — ebenso wie diejenige zwischen Polymorphie und Isomerie — nicht als eine qualitative und principielle, sondern als eine stufenmäßige und quantitative, bezw. intensive anzusehen. Auch bei den polysymmetrischen Körpern kann ein letzter Grund für die Verschiedenheit der Form, wie der Symmetrie und Structur immer nur in einer Verschiedenheit der Configuration des Moleküls gefunden werden. Und wenn sich die polysymmetrischen Formen gegenüber den polymorphen dadurch auszeichnen sollen, daß bei den ersteren teilweise oder ganz ein continuierlicher Übergang der Eigenschaften möglich ist, bei den letzteren dagegen nicht, so bedarf dieser Umstand noch einer näheren Kritik, denn von vornherein scheint ein continuierlicher Übergang zwischen zwei verschiedenen durch völlig regelmäßige Lagerung der Molekel ausgezeichneten Zuständen wenig wahrscheinlich. Schon zwischen dem flüssigen (regellosen) und dem krystallisierten (regelmäßigen) Zustande ist nach den Untersuchungen von Tammann[2]) ein solcher continuierlicher Übergang nicht möglich, denn das erfordert vom exacten thermodynamischen Standpunkte aus, daß sowohl die Wärmetönung wie die Volumveränderung gleichzeitig zu Null werden. Das einseitige Fehlen einer Umwandlungswärme oder Volumveränderung genügt hierzu noch nicht.

Verständlicher wird ein continuierlicher Übergang schon, wenn in beiden

1) Einleitung in die chemische Krystallographie, Leipzig 1904, S. 4.
2) Krystallisieren und Schmelzen, Leipzig 1903.

Zuständen die regelmäßige Lagerung (das Raumgitter) gleich ist und nur die Orientierung der Moleküle eine verschiedene bleibt, und letzteres genügt ja auch schon, um die Verschiedenheit der Symmetrie zu erklären. Völlig plausibel und naturgemäß aber wird ein wirklich continuierlicher Übergang wohl dann, wenn man daneben auch die Möglichkeit einer willkürlichen regellosen Verteilung in Betracht zieht, wie das in der aufgestellten allgemeinen Theorie bei den Grenzkrystallen und der zweiten Unterabteilung der Polykrystalle geschehen ist. Und das tatsächliche Vorkommen von continuierlichen Übergängen bildet auch mit einen Hauptgrund für die gemachten Annahmen.

Vom principiellen Standpunkte aus aber kann eine letzte Ursache für die regellose Orientierung, ebenso wie für eine regelmäßige, immer nur in einer bestimmten Configuration des Moleküls gefunden werden. Die regellose Orientierung wird im allgemeinen desto leichter eintreten, je mehr sich die Configuration der Kugel bezw. dem Ellipsoid nähert, d. h. je größer die Anzahl und je kleiner der Unterschied der einzelnen Orientierungen. Und in Übereinstimmung damit steht wohl — zumal vom kinetischen Standpunkte aus — daß im allgemeinen die höheren Temperaturen das Auftreten von Krystallformen mit höherer Symmetrie begünstigen.

Ganz eigenartige Verhältnisse scheinen schließlich bei solchen Körpern vorzukommen, die mehrfache Kohlenstoffbindungen besitzen. So sollen nach der üblichen Auffassung bei der Zimmtsäure nur zwei isomere Verbindungen, die fumaroide oder Cis-Säure und die maleïnoide oder Trans-Säure möglich sein. Von der ersteren konnten nun bisher nur zwei und von der letzteren drei krystallographische verschiedene Formen aufgefunden werden[1]), welche alle fünf demselben monoklinen Systeme angehören, d. h. die gleiche Symmetrie zeigen. Außerdem aber wurde noch eine sechste trikline Säure (Schmelzp. 80°) beschrieben, bei welcher es fraglich bleibt, welcher Form sie zuzuzählen ist, und hinsichtlich deren vielleicht auch noch Zweifel aufkommen können, ob sie überhaupt eine Zimmtsäure darstellt.

Was zunächst die drei der Transform entsprechenden Säuren anbetrifft — die Allosäure Schmelzp. 68° — die Isosäure (Liebermann) Schmelzp. 58° — die Isosäure (Erlenmeyer), Schmelzp. 42° — so zeigen sie im Lösungszustande das gleiche elektrische Leitungsvermögen[2]) und das gleiche Absorptionsspectrum[2]), und dementsprechend ist nach üblicher Auffassungsweise allen drei Säuren die gleiche Constitution zuzuschreiben. Notwendig ist aber ein solcher Schluß keineswegs. Denn wenn im krystallisierten Zustande hier drei verschiedene Configurationen bestehen, so ist

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1906, **39**, 1570; 1907, **40**, 653 und diese Zeitschr. 1908, **45**, 616 und 1910, **47**, 684.

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1910, **43**, 504 und 568.

vom kinetischen Standpunkte die Möglichkeit gegeben, daß im flüssigen Zustande diese verschiedenen Configurationen nebeneinander bestehen, bezw. sich continuierlich ineinander umwandeln und das Vorherrschen der einen oder anderen bestimmt wird durch die Größen: Temperatur, Druck und Volumen.

Die Eigenschaften des Leit- und Absorptionsvermögens können in dieser Hinsicht keine Entscheidung bringen, da sie dem Mittel aller drei Configurationen entsprechen müssen. Welche der drei Säuren aber auskrystallisiert, das hängt neben Temperatur und Druck auch noch von besonderen Umständen und Zufälligkeiten ab, und vom kinetischen Standpunkte aus kann es sich ja schließlich immer nur um Wahrscheinlichkeitsgesetze handeln.

Ebenso liegen die Verhältnisse auch bei den beiden Säuren von der Cisform — der Storax- oder $\alpha$-Zimmtsäure (Schmelzp. 134°—135°) und der $\beta$-Zimmtsäure (Schmelzp. 132°—133°), doch sind hier die Umwandlungsverhältnisse zurzeit noch nicht näher studiert.

Für eine Bildung größerer Molekülcomplexe (Krystallmoleküle) liegt nun bei keiner dieser fünf Säuren irgend ein Anzeichen vor, und da auch die zugrunde liegenden Raumgitter zum Teil große Ähnlichkeit zeigen, bleibt wohl nur die Annahme übrig, daß den Molekülen in jeder Krystallform eine besondere Configuration zukommt. Denn auch der letzte Ausweg, für jede der polymorphen Modificationen eine verschiedene Anzahl von Orientierungen der Moleküle anzunehmen, ist hier nicht gangbar, und zwar deshalb, weil die Symmetrie überall die gleiche ist, nämlich Symmetrieaxe mit dazu normaler Symmetrieebene. In den üblichen Constitutionsformeln der beiden Zimtsäuren — cis wie trans — hält es überdies nicht schwer, eine Symmetrieebene zu entdecken, so daß bei sämtlichen fünf Säuren immer nur zwei verschiedene Orientierungen erforderlich werden, um die Symmetrie der Krystalle verständlich zu machen.

Für eine nähere Discussion der einzelnen Krystallformen, die zum Teil recht interessante Beziehungen zeigen, sowie für die Aufstellung von besonderen Configurationsformeln empfiehlt es sich aber noch weitere Resultate der chemischen Forschung abzuwarten, insonderheit wie weit die Polymorphie der Säuren auch bei den Salzen besteht, und ob die trikline Säure auch einer Umwandlung in eine der monoklinen Formen fähig ist.

Im allgemeinen aber dürfte das Studium der polymorphen Modificationen zunächst wohl am meisten dazu beitragen können, die aufgestellte Theorie fruchtbar zu machen. Neben der Feststellung ihrer Existenzbedingungen ist dazu aber auch eine vergleichende Prüfung der Krystallformen und ihrer Symmetrieverhältnisse erforderlich, insonderheit hinsichtlich des disharmonischen Auftretens der Flächen sowie des Abweichens von

dem Bravaisschen Gesetz[1]). Denn wenn man mit den einfachen Raumgittern auskommen will, dann können solche Ausnahmen nur durch die Configuration des Moleküls und die Art und Anzahl der Orientierungen erklärt werden. Dafür aber, daß in den Krystallen nur einfache Raumgitter vorliegen, spricht neben den bisher angeführten Gründen besonders noch die weite Verbreitung der morphotropen Beziehungen, die auf anderer Grundlage — an der Hand der reinen Structurtheorie bezw. der Annahme von Krystallmolekülen — jedenfalls weit weniger verständlich werden.

Überblickt man zum Schluß die sämtlichen vorstehenden Erwägungen, so erscheint wohl die Meinung berechtigt, daß es an Anknüpfungspunkten zwischen der aufgestellten Theorie und den meßbaren Eigenschaften, Größen und Verhältnissen bei den Krystallen nicht fehlt, und daß dementsprechend auch die Möglichkeit einer Prüfung gegeben ist. Allgemein durchführbar kann sie freilich erst in dem Maße werden, als sich zugleich auch eine wirklich experimentelle Krystallographie herausbildet. Dazu fehlt es leider zumeist auch wohl an den nötigen Einrichtungen und Mitteln. Die Fruchtbarkeit der inductiven Forschung aber beruht bekanntlich auf einer möglichst allseitigen Wechselwirkung zwischen den anstellbaren Experimenten und der vorhandenen Theorie.

---

1) G. Friedel, Bull. soc. franç. de min. 1908, **31**, 5—40.

# IX. Beiträge zur Kenntnis orientierter Überwachsungen.

Von

**Stefan Kreutz** in Krakau.

Auf Anregung von Prof. H. A. Miers in Oxford habe ich in seinem Laboratorium eine Reihe von Versuchen über orientierte Verwachsung krystallisierter Körper ausgeführt; bemerkenswertere Ergebnisse mögen hier noch [1]) kurz zusammengestellt werden.

Da Th. V. Barker [2]) beobachtet hatte, daß Natronsalpeter nur auf Kalkspat gesetzmäßige Fortwachsungen bildet, nicht aber auf anderen Carbonaten der Calcitgruppe, so war ich nun bestrebt, eine gesetzmäßige Überwachsung irgend eines anderen Salzes auf diesen Mineralien zu erzielen. Es gelang mir dies bei Manganspat [3]) und Eisenspat mit der rhomboëdrischen Modification des Lithiumnitrats.

Läßt man an einer Spaltfläche eines dieser Mineralien einen Tropfen warmer gesättigter Lösung von Lithiumnitrat auskrystallisieren, so bilden sich gewöhnlich nur unregelmäßig zerstreute Kryställchen. Taucht man aber das Spaltstück, an einem Faden aufgehängt, in die heiße gesättigte Lösung des Lithiumnitrats ein, zieht es dann vorsichtig aus der Lösung heraus und läßt dann die anhaftenden Tropfen am warmen Orte verdunsten, so bilden sich schöne Rhomboëder von $LiNO_3$, die alle einander parallel sind; sie sind auch mit großer Annäherung dem Spaltstücke parallel angeordnet, wenigstens konnte unter dem Mikroskope keine Abweichung der Richtung der Rhomboëderkanten von den Spaltrissen beobachtet werden.

Die Rhomboëder des Lithiumnitrates haben eine sehr ähnliche Structur, wie die Carbonate; außer den Hauptrhomboëderflächen treten an ihnen

1) Vergl. Mineral. Mag. **15**, 70, 232.

2) Diese Zeitschr. 1908, **45**, 1. Bei Magnesit und Siderit ist zu demselben negativen Resultate auch Tschermak gekommen. Min. u. petr. Mitt. 1881, **4**. Diese Zeitschr. **7**, 510.

3) Von John Reed Mine, Alicante, Colorado; $r : r$ (gem.) $= 73^0\,0'$, $107^0\,0'$. Der Spaltwinkel des untersuchten Siderits ist ca. $73^0$.

noch kleine Basisflächen auf. War die Lösung stark übersättigt, so kann man unter dem Mikroskope die Ablagerung einer ganzen Schar von orientierten Krystallen beobachten, welche durch Ausfüllung der Lücken das Spaltstück bald mit einer einheitlichen Kruste bedecken. Bei diesen Versuchen stößt man auf gewisse Schwierigkeiten, weil die rhomboëdrische Modification des Lithiumnitrates bei gewöhnlicher Zimmertemperatur unbeständig ist. Troost[1]) bestimmte ihre geometrischen Eigenschaften, später beschäftigte sich Retgers mit dieser Modification. Donnan und Burt[2]) bestimmten die Umwandlungstemperaturen verschiedener Phasen von $LiNO_3 + n$ aq; oberhalb 61,1° ist $LiNO_3$ stabil, zwischen 61,1° und 29,6° ist es $LiNO_3 + \frac{1}{2}$ aq und unter 29,6° $LiNO_3 + 3$ aq.

Die rhomboëdrischen Krystalle zerfließen folglich sehr leicht an der Luft. In Öl oder Canadabalsam kann man sie auch kaum länger als einige Stunden aufbewahren. Die Äquivalentvolumina und die topischen Parameter der hier in Betracht kommenden Salze sind folgende:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Lithiumnitrat $LiNO_3$: | $V = 29{,}6$, | $\chi = 3{,}181$, | $J_{\{100\}} = 9{,}887$, | $\alpha = 102°16\frac{1}{2}'$ |
| Manganspat $MnCO_4$: | 31,19 | 3,247 | 10,275 | 102 50 |
| Siderit $FeCO_3$: | 29,35 | 3,204 | 10,000 | 103 $4\frac{1}{2}$ |

Die Werte für den Manganspat sind Groths Werke[3]) entnommen; das spec. Gewicht des Siderits wurde nach Bestimmungen von A. Hutchinson[4]) an Cornwaller Krystallen zu 3,949 berechnet (der gefundene Wert: 3,937). Das spec. Gewicht von $LiNO_3$ ist annähernd 2,334 (nach Kremers).

Auf Calcitspaltstücken konnte ich dagegen keine gesetzmäßige Ablagerung von $LiNO_3$ erhalten, obgleich die Winkel des Calcits denen des Lithiumnitrates noch ähnlicher sind, wie die des Siderits und des Manganspates ($r : r = 105°5'$ am Calcit, $105°40'$ am $LiNO_3$).

Die Überwachsung des Manganspates und des Eisenspates durch das Lithiumnitrat bildet also ein vollständiges Analogon zu der des Calcits durch das Natriumnitrat. Die Ähnlichkeit der topischen Parameter ist demnach hier ausschlaggebend.

Es wurde auch versucht, ob das Lithiumnitrat sich nicht an frischen Muscovitspaltblättchen orientiert niedersetzt, da die kleinen Basisflächen es vermutlich erleichtern würden. (Vergl. die Art des Aufwachsens des Jodkaliums auf Glimmerplatten nach G. Wulff.) Der Krystallabsatz erfolgte aber ganz unregelmäßig.

---

1) L. Troost, Ann. Chim. Phys. 1856, Ser. 3, **51**.
2) F. G. Donnan und B. C. Burt, Journ. Chem. Soc. 1903, **83**, 335.
3) P. Groth, Chemische Krystallographie 1908, Teil II, 207.
4) A. Hutchinson, Min. Mag. 1903, **13**, 210. Diese Zeitschr. **41**, 408.

Es wurde ferner versucht, orientierte Mischkrystalle von Silbernatriumnitrat auf Barytocalcit zu erhalten, jedoch ohne Erfolg. Reines Natriumnitrat gab auch nur unregelmäßig gelagerte Krystalle. Die benutzten Krystalle von Barytocalcit waren aber auch nicht vollständig rein [1]).

Später erhielt ich aus dem Museum für Praktische Geologie in London sehr hübsche und vollkommen klare Krystalle von Barytocalcit aus Blagill bei Alston in Cumberland, und an diesen konnte ich mich überzeugen, daß der monokline Barytocalcit eine ähnliche orientierende Wirkung auf die sich ausscheidenden Natriumnitratkrystalle ausübt, wie der Calcit.

Orientierte Natriumnitratrhomboëder setzen sich auf allen Spaltflächen des Barytocalcits ab, das ist auf allen {110} und {001} parallelen Ebenen. An anderen Krystallflächen waren die Rhomboëder nicht orientiert. Daher beobachtet man auch kein Ausheilen [2]) des Krystalls.

Was die Art der Orientierung betrifft, so konnte festgestellt werden, daß an {001} alle $NaNO_3$-Rhomboëder zwischen + *Ni* gleichzeitig mit dem Barytocalcit auslöschen. Ebenfalls an den Flächen der Form {110} konnte eine sehr nahe Übereinstimmung der Richtungen der Rhomboëderkanten des Natriumnitrates mit den entsprechenden der Kanten des Barytocalcits beobachtet werden. Es scheint, daß die regelmäßige Verwachsung auf den Spaltflächen {110} etwas leichter wie auf {001} zu erhalten ist, doch ist der Unterschied in dem Verhalten der Spaltflächen jedenfalls gering. Die besten Resultate bekommt man, wenn man die Spaltstücke für kurze Zeit in eine gesättigte Natriumnitratlösung eintaucht, ähnlich wie dies Barker am Calcit gefunden hat. Die auskrystallisierten $NaNO_3$-Rhomboëder sind einander parallel, die Zwillingsstellung nach {110} konnte nicht beobachtet werden; in dieser Hinsicht unterscheidet sich der Barytocalcit vom Calcit.

Die Krystallstructur des monoklinen Barytocalcits ist sehr ähnlich der des Calcits. Der Barytocalcit zeigt eine vollkommene Spaltbarkeit nach $m\{110\}$, die Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ steht der vorigen nur wenig nach, so daß sich leicht ein Parallelepiped herausspalten läßt, dessen Form der des Calcits ähnlich ist. Ich fand:

$$m : m = 73^0\ 9'$$
$$m : c = 77\ 11,$$

woraus: $a : b : c = 0{,}7716 : 1 : ?;\quad \beta = 106^0\ 2'$,

Werte, die denen von Brooke angegebenen sehr nahe stehen.

Auf Platten, welche parallel {001} sind, bemerkt man stellenweise eine Streifung parallel der Kante [010], also parallel der längeren Diagonale.

---

1) Es war wahrscheinlich dasselbe Material, an welchem Barker auch nur negative Resultate bekam.

2) Vergl. R. Brauns, Neues Jahrb. f. Min. 1900, Beil.-Bd. **13**. Ref. diese Zeitschrift **36**, 531.

Dies weist darauf hin, daß hier eine Gleitfläche (nur eine), und zwar {100}, vorhanden ist; die Eigenschaft der Gleitung ist hier jedenfalls nur unvollkommen. Die optischen Eigenschaften, namentlich die Lage der Hauptschwingungsrichtungen, sind denen des Calcits sehr ähnlich. Auf morphotrope Beziehungen des Barytocalcits zu Aragonit hat P. v. Groth[1]) zuerst hingewiesen. Auf die Ähnlichkeit der geometrischen und optischen Eigenschaften von Barytocalcit und Calcit hat Mallard[2]) aufmerksam gemacht.

Die Angreifbarkeit der Spaltflächen {110} und {001} durch verdünnte Citronensäure ist sehr verschieden. Die Spaltflächen {001} erscheinen sofort chagriniert, stark angegriffen, während die Flächen {110} noch ganz glatt bleiben. Die Ätzhügel auf {001} sind symmetrisch, durch gekrümmte Flächen begrenzt, die sich oft mit der Fläche {001} in Kanten schneiden, welche den Spaltrissen parallel liegen. Auf {110} sind die Ätzhügel asymmetrisch, nur eine Kante läuft den Spaltrissen parallel.

Haidinger[3]) beschrieb orientierte Verwachsung von Barytocalcit mit Calcit. Beide haben je zwei Spaltflächen ($m${110} mit $p$) annähernd parallel. Bei gleicher Aufstellung ihrer Elementarparallelepipeda bildet der Calcit eine pseudoparallele Fortwachsung des Barytocalcits, was der Überwachsung durch $NaNO_3$ entspricht. Es ist folglich von Interesse, die topischen Parameter von Barytocalcit, Calcit und Natriumnitrat miteinander zu vergleichen. Hier stoßen wir aber auf die Frage, ob die Äquivalentvolumina solcher Doppelsalze, welche sehr starke Ähnlichkeiten wenigstens zu einer der Componenten zeigen und ähnliche Structur haben, mit den Äquiv.-Vol. der einfachen Salze vergleichbar sind, und wenn dies angenommen wird, wie der Vergleich anzustellen ist.

A. E. H. Tutton[4]) hat die Frage, ob die Äquiv.-Vol. der Ammoniumsalze mit denen der Alkalimetalle vergleichbar sind, eingehend behandelt und gezeigt, daß der Vergleich tatsächlich möglich ist, weil die $NH_4$-Salze mit denen der *K*-, *Rb*- und *Cs*-Salze sich nur dann mischen oder mit ihnen orientierte Verwachsungen liefern, wenn die berechneten Äquiv.-Vol. annähernd gleich sind. Um dieselbe Methode auch hier anzuwenden, wären Doppelsalze auszusuchen, welche mit ihren Componenten orientiert verwachsen. Da es sich bei der Frage der orientierten Verwachsung nur um Congruenz der Verteilung und der Entfernungen der Structureinheiten in der gemeinsamen Ebene handeln kann, so kommen hier nur zwei Parameter in Betracht, welche natürlich nicht die Hauptparameter sein müssen. Sind die berechneten Werte für diese molekularen Parameter nicht sehr verschieden, findet sich also auch hier die Regel bestätigt, so bedeutet dies,

1) Tabellarische Übersicht der Min. 1882.
2) Bull. Soc. Franç. Min. 1885, 8; 1895, 18. Ref. diese Zeitschr. 27, 572.
3) W. Haidinger, Handbuch der Mineral. 1845, 279.
4) A. E. H. Tutton, Crystalline structure and chemical constitution 1910.

daß die angenommenen Äquiv.-Vol. tatsächlich vergleichbar sind, oder richtiger, daß die eventuelle Correctur nur klein sein kann.

Die Art der Ausführung des Vergleiches ergibt sich aber aus der von P. v. Groth[1]) adoptierten Theorie der Krystallstructur, nach welcher die Structur solcher Doppelsalze, die noch deutliche morphotrope Beziehungen zu ihren Componenten erkennen lassen, der Structur der entsprechenden isomorphen Mischungen ähnlich sein muß. Es wäre also $CaBa(CO_3)_2$ mit $Ca_2(CO_3)_2$ zu vergleichen. Bei isomorphen Mischungen ist aber ein solches Multiplicieren der Formel unausführbar, und es ist, der Einheitlichkeit des Verfahrens wegen, zweckmäßig auch hier die einfachste Formel der Componenten mit entsprechend reducierten des Doppelsalzes zu vergleichen. Hier also $CaCO_3$ mit $\frac{1}{2}CaBa(CO_3)_2$.

Um den Vergleich der topischen Parameter des monoklinen Barytocalcits mit denen der rhomboëdrischen Salze $NaNO_3$ und $CaCO_3$ auszuführen, stelle ich die letzteren monoklin auf, d. h. das Spaltungsrhomboëder wird zur Combination des Prismas $\{110\}$ mit der Basis. Dadurch erhalten diese drei Körper eine analoge Aufstellung. Die Parameter des charakteristischen rhombischen Prismas mit schiefer Basis sind $\chi_1 = \chi_2$ und $\omega$; mit $\xi$ und $\eta$ sind in folgendem die Entfernungen der Structureinheiten längs der Diagonalen der Rhombusflächen bezeichnet, wobei die der Basisfläche und den Prismenflächen entsprechenden durch beigefügtes $b$ resp. $p$ unterschieden werden. $J\{hkl\}$ ist die relative Flächengröße des Elementarparallelogrammes der Ebene $\{hkl\}$ (topisches Axenfeld nach Sommerfeldt[2])).

| Calcit: | Natriumnitrat: |
|---|---|
| $V = 36{,}8$ | $V = 37{,}8$ |
| $a : b : c = 0{,}81099 : 1 : 0{,}64376;$ | $a : b : c = 0{,}79956 : 1 : 0{,}64017;$ |
| $\beta = 109^0\,8'$ | $\beta = 110^0\,46'$ |
| $\chi = \omega = 3{,}4145$ | $\chi = \omega = 3{,}4605$ |
| $\xi = 4{,}3016,\ \eta = 5{,}3040$ | $\xi = 4{,}321,\ \eta = 5{,}404$ |
| $J_{\{100\}} = 11{,}408$ | $J_{\{100\}} = 11{,}675$ |
| $\alpha = 101^0\,55'$ | $\alpha = 102^0\,42\frac{1}{2}'.$ |

Barytocalcit:

$V = 40{,}09$

$a : b : c = 0{,}7717 : 1 : 0{,}6254;$

$\beta = 106^0\,8'.$

$\chi_1 = \chi_2 = 3{,}5188,\ \omega = 3{,}4844$

$\xi_b = 4{,}2995,\ \eta_b = 5{,}5714$

$\xi_p = 4{,}5121,\ \eta_p = 5{,}3558$

$J_{\{001\}} = 11{,}977,\ J_{\{110\}} = 12{,}083$

$\alpha' = [1\bar{1}0] : [110] = 104^0\,41'$

$\alpha'' = [1\bar{1}0] : [001] = 99\ 47$

1) P. Groth, Einleitung in die chemische Krystallographie 1904.

2) E. Sommerfeldt, Physikalische Krystallographie 1907, 106.

Das spec. Gewicht des Barytocalcits wurde an ganz reinem Materiale zu 3,710 ± 0,005 bei 20° mittels Pyknometer bestimmt (an ca. 2,2 g Substanz).

Die in Betracht kommenden Werte $\chi$, $\omega$, $\xi$, $\eta$ des Barytocalcits stehen denen des Natrumnitrats sehr nahe, sodaß nicht zu zweifeln ist, daß hier die angenäherte Congruenz dieser Entfernungen das Stattfinden der beschriebenen Überwachsung möglich macht.

Solcher Fälle, wo ein Doppelsalz mit einer seiner Componenten orientierte Verwachsungen liefert, kennen wir mehrere, so die Salze: $SO_4K_2$, $V = 65{,}4$ und $\frac{1}{2}\{(SO_4)_2NaK_3\}$, $V = 61{,}7$, einzelne Glieder der Pyroxengruppe, Calcit und Dolomit $V = 31{,}3$, $\chi = 3{,}252$, ferner die Doppelsalze[1]): Chlorammon-Kupferchlorid, Chlorammon-Calciumchlorid mit Salmiak, sowie wahrscheinlich viele andere. Die kürzlich von R. Görgey[2]) beschriebene Überwachsung des Natroliths durch Mesolith erinnert an den Fall Barytocalcit-Calcit. Mesolith ist ein triklines Doppelsalz, welches aus einem Natrolithmolekül: $Na_2Al_2Si_3O_{10}.2H_2O$ und zwei Skolezitmolekülen: $2CaAl_2Si_3O_{10}.3H_2O$ besteht. Aus der Untersuchung von Görgey folgt unzweifelhaft, daß der Mesolith tatsächlich ein Doppelsalz und nicht ein Glied einer isomorphen Mischungsreihe ist. Es beweisen dies folgende Eigenschaften: 1) Constante chemische Zusammensetzung, welche genau der theoretischen Formel entspricht. 2) Abweichende Symmetrie. Der Skolezit ist monoklin, Natrolith rhombisch; auch die Winkel des Mesoliths liegen nicht zwischen denen der einfachen Salze. 3) Die scharfe Abgrenzung der Mesolithschichten, welche den Natrolith überwachsen und später noch einmal von Natrolith überwachsen wurden. Da auch andere Mischungen vorkommen, so scheint hier ein analoger Fall, wie ein Alstonit[3]), vorzuliegen.

Die miteinander zu vergleichenden in Betracht kommenden Werte sind:

| Natrolith: | Mesolith: |
|---|---|
| $V = 169{,}19$ | $V = 171{,}45$ |
| $a : b : c = 0{,}97853 : 1 : 0{,}35362$; | $a : b : c = 0{,}9747 : 1 : 0{,}3422$; |
| $\beta = 90^0$ | $\beta = 92^0$ |
| $\chi_1 = \chi_2 = 6{,}9433$, $\omega = 3{,}5100$ | $\chi = 7{,}2653$, $\omega = 3{,}2495$ |
| $J_{\{001\}} = 48{,}20$, $J_{\{110\}} = 24{,}37$. | $J_{\{001\}} = 52{,}79$, $J_{\{110\}} = 23{,}61$. |

Skolezit:

$V = 172{,}53$

$a : b : c = 0{,}97636 : 1 : 0{,}34338$;

$\beta = 89^0\,18'$.

$\chi = 7{,}0556$, $\omega = 3{,}4670$.

Das Elementarparallelepiped ist ein rhombisches Prisma mit den Kanten $\chi$ und $\omega$. Der Mesolith wird als monoklin berechnet (Görgey).

1) Von O. Lehmann beobachtet. Diese Zeitschr. 1883, 8, 437 f. Vgl. Kreutz, Anz. Akad. Krakau 1909.

2) R. Görgey, Tscherm. min.-petr. Mitt. 1909, 28, 1.

3) S. Kreutz, Bull. Acad. d. Sc. Cracovie 1909.

Das Ergebnis der Untersuchungen von Th. V. Barker, sowie der hier angeführten Beobachtungen ist, daß zur Bildung orientierter Verwachsungen eine angenäherte Congruenz der Entfernungen und Verteilung der Structureinheiten in gemeinsamen Ebenen eine notwendige Bedingung ist. Aus der Theorie der Krystallstructur[1]) ist ersichtlich, daß die Winkelähnlichkeit für sich allein zur Bildung orientierter Verwachsungen[2]), sowie auch der Mischkrystalle[3]) nicht ausreichen kann; das wird auch durch das Verhalten regulärer Körper bestätigt. Die Theorie läßt auch einsehen, warum orientierte Verwachsungen vorzüglich bei Körpern vorkommen, welche gemeinsame Atomgruppen oder Molekülcomplexe besitzen. Je mehr gemeinsame Bestandteile, desto geringer die Änderung der Krystallstructur und der molekularen Dimensionen. O. Mügge[4]) hat gezeigt, daß eine solche chemische Ähnlichkeit die regelmäßige Verwachsung begünstigt; durch solche Körper wird auch vielfach der Übersättigungszustand der Lösung aufgehoben und die Abscheidung der Substanz gerade am eingetauchten Krystalle bewirkt. Ob das angegebene Ergebnis auch bei der Verwachsung gänzlich verschiedener Körper giltig ist, wie es zu erwarten wäre, läßt sich vorderhand kaum entscheiden, weil die molekularen Parameter solcher Körper nicht ohne weiteres vergleichbar sind. Wenn die Äquivalentvolumina zweier Körper sehr verschieden sind, so könnte sich dennoch an eine der dichtesten Flächen des einen Körpers eine wenig dicht besetzte Fläche des anderen anpassen (z. B. die zur trigonalen Axe senkrechte in *KJ*). Zur Erklärung der Verwachsung heteromorpher Modificationen könnte vielleicht auch die Vorstellung von Bedeutung sein, daß sich zuerst labile Modificationen bilden, welche sich sofort umwandeln. Die meisten Schwierigkeiten dürften wohl Fälle bereiten, in welchen an derselben Fläche eines Körpers sich verschiedene Körper orientiert absetzen (z. B. am Glimmer)[5]), was mindestens zur Annahme der Zulässigkeit ziemlich bedeutender Unterschiede in der Verteilung der Structureinheiten der noch orientiert sich absetzenden Körper zwingt.

Wenn auch bei dem Processe der orientierten Verwachsung verschiedene Umstände und Kräfte mitspielen können, so läßt sich doch behaupten, daß die Ähnlichkeit der zusammenfallenden Parameter die gesetzmäßige Verwachsung erleichtert; dies wäre auch im Einklange mit dem Principe der kleinsten Oberflächenenergie.

1) P. Groth, a. a. O.
2) H. A. Miers, Science Progress 1907, **2**, 121.
3) Vergl. die Untersuchungen von Goßner. Diese Zeitschr. 1908, **44**.
4) Neues Jahrb. f. Min. usw. 1903, Beil.-Bd. **16**. Ref. diese Zeitschr. **41**, 628.
5) O. Mügge, a. a. O.

# X. Die Beziehung zwischen Thallium und den Alkalimetallen.

## Eine Untersuchung über Thallium-Zinksulfat und -selenat.

Von

A. E. H. Tutton in London.

(Mit 5 Textfiguren.)

---

In dieser Zeitschrift (1907, **44**, 113) sind die Resultate des Studiums der normalen Sulfate und Selenate des Thalliums mitgeteilt und einige interessante Schlußfolgerungen über die Stellung der Thalliumsalze in der rhombischen Salzreihe $R_2\overset{S}{\underset{Se}{}}O_4$ abgeleitet worden. Es war besonders wichtig, auch ein ähnliches Studium der Thallium enthaltenden monosymmetrischen Doppelsalze der Reihe $R_2M(\overset{S}{\underset{Se}{}}O_4)_2.6H_2O$ auszuführen, und es sind daher die beiden Thallium enthaltenden Salze der Zinkgruppe untersucht worden. Die Resultate werden im folgenden mitgeteilt. Diese Salze des Thalliums sind diejenigen der Reihe, welche am leichtesten darzustellen sind, und in der Tat waren bis jetzt alle Versuche zur Darstellung der Magnesium-Thalliumsalze in zufriedenstellenden Krystallen vergeblich. Es ist sogar schwer, durchsichtige Krystalle der Zinksalze zu erhalten, und obgleich Verf. zuweilen das Thallium-Zinksulfat glücklicherweise in vollkommen durchsichtigen Krystallen erhalten hat, haben sich die Krystalle des entsprechenden Thallium-Zinkselenats immer etwas weiß und teilweise undurchsichtig erwiesen und eine optische Untersuchung nicht erlaubt.

Die beiden Thallium-Zinksalze sind aber goniometrisch vollständig untersucht worden und das Thallium-Zinksulfat auch in bezug auf seine optischen Eigenschaften und sein Molekularvolumen.

Die Krystalle des Thallium-Zinksulfates und -selenates sind früher von Werther[1]) in Hinsicht auf einige wenige Hauptwinkel untersucht worden.

1) Journ. f. prakt. Chem. 1864, **92**, 135.

Später sind die Krystalle des Doppelsulfates von Des Cloizeaux[1]) gemessen und einige optische Charaktere des Salzes festgestellt worden. Sein specifisches Gewicht und die Brechungsexponenten sind auch von Perrot[2]) bestimmt worden.

## Thallium-Zinksulfat $Tl_2Zn(SO_4)_2.6H_2O$.

Die Krystalle dieses Salzes sind im Habitus denjenigen des Rubidiumsalzes der Reihe sehr ähnlich. Zwei typische Krystalle werden in Fig. 1 und Fig. 2 dargestellt.

Fig. 1.

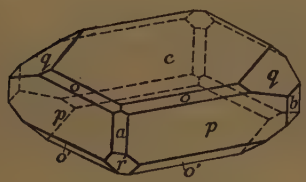
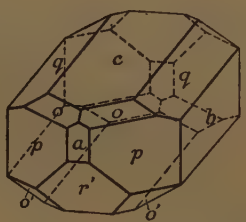



Fig. 2.




Krystallsystem: Monosymmetrisch.

Krystallklasse: Monosymmetrisch-prismatisch (holoëdrisch).

Axenverhältnis: $a : b : c = 0{,}7413 : 1 : 0{,}5010$.

Des Cloizeaux gibt: $0{,}7388 : 1 : 0{,}5010$.

Axenwinkel: $\beta = 106^0 16'$. Des Cloizeaux fand: $106^0 10'$.

Habitus: Dick-tafelförmig parallel $c\{001\}$ oder $b\{010\}$, oder kurzprismatisch.

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $p\{110\}$, $p'\{120\}$, $q\{011\}$, $o\{111\}$, $o'\{\bar{1}11\}$, $r'\{\bar{2}01\}$.

Die vorherrschenden Formen sind: $c$, $b$, $p$, $q$ und $r'$, obgleich bei einigen Krystallen, wie in Fig. 2, $a$, $o$ und $o'$ auch gut entwickelt sind. Die Flächen der Form $p'$ sind nur einmal beobachtet worden. Des Cloizeaux und Werther beobachteten alle diese Formen, mit Ausnahme von $p'$, mit sehr veränderlicher Entwickelung.

Goniometrische Messungen mit zehn der besten durchsichtigen Krystalle aus vier verschiedenen Krystallisationen lieferten die Resultate, welche in der folgenden Tabelle zusammengestellt sind:

---

1) Lamy und Des Cloizeaux, Ann. Chim. phys. 1869 [4], **17**, 315.

2) Arch. Phys. et Nat. Genève 1891, **25**, 26.

## Morphologische Winkel des schwefelsauren Thallium-Zinks.

| Winkel | Zahl der Messungen | Grenzwerte | Mittel beobachtet | Berechnet | Diff. | Werte anderer Beobachter |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $ac = (100):(001)$ | 12 | 73°41′— 73°48′ | 73°44′ | 73°44′ | 0′ | 73°50′ Des Cl.<br>73 39 W. |
| $as = (100):(\bar{1}01)$ | — | — | — | 45 10 | — | |
| $sc = (\bar{1}01):(001)$ | — | — | — | 28 34 | — | |
| $cr' = (001):(\bar{2}01)$ | 20 | 64 19 — 64 31 | 64 26 | 64 19 | 7 | 64 28 Des Cl.<br>64 19 W. |
| $cs' = (001):(\bar{1}01)$ | — | — | — | 38 35 | — | |
| $s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$ | — | — | — | 25 44 | — | |
| $r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$ | 12 | 41 44 — 41 57 | 41 49 | 41 57 | 8 | |
| $ap = (100):(\bar{1}10)$ | 24 | 35 20 — 35 34 | 35 26 | 35 26 | 0 | |
| $pp' = (\bar{1}10):(\bar{1}20)$ | 1 | — | 19 35 | 19 28 | 7 | |
| $p'b = (\bar{1}20):(010)$ | 1 | — | 34 59 | 35 6 | 7 | |
| $pb = (\bar{1}10):(010)$ | 24 | 54 27 — 54 47 | 54 34 | * | — | |
| $pp = (\bar{1}10):(1\bar{1}0)$ | 21 | 70 44 — 70 58 | 70 52 | 70 52 | 0 | 70 43 Des Cl.<br>70 48 W. |
| $cq = (001):(011)$ | 32 | 25 30 — 25 51 | 25 41 | * | — | 25 37 Des Cl.<br>25 15 W. |
| $qb = (011):(010)$ | 21 | 64 13 — 64 32 | 64 20 | 64 19 | 1 | |
| $ao = (100):(\bar{1}11)$ | 17 | 48 13 — 48 31 | 48 20 | 48 22 | 2 | |
| $oq = (\bar{1}11):(011)$ | 19 | 26 50 — 27 9 | 27 2 | 27 0 | 2 | |
| $aq = (100):(011)$ | 18 | 75 12 — 75 31 | 75 22 | 75 22 | 0 | |
| $qo' = (011):(\bar{1}11)$ | 27 | 34 46 — 34 59 | 34 53 | 34 51 | 2 | 35 10 Des Cl. |
| $o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$ | 17 | 69 40 — 69 48 | 69 45 | 69 47 | 2 | |
| $co = (001):(\bar{1}11)$ | 23 | 34 0 — 34 22 | 34 10 | 34 9 | 1 | 34 12 Des Cl. |
| $op = (\bar{1}11):(\bar{1}10)$ | 22 | 42 30 — 42 49 | 42 39 | 42 39 | 0 | |
| $cp = (001):(\bar{1}10)$ | 44 | 76 40 — 76 56 | 76 48 | * | — | 76 39 Des Cl.<br>76 44 W. |
| $po' = (\bar{1}10):(\bar{1}1\bar{1})$ | 40 | 58 11 — 58 26 | 58 17 | 58 19 | 2 | |
| $o'c = (\bar{1}1\bar{1}):(00\bar{1})$ | 40 | 44 44 — 45 5 | 44 54 | 44 53 | 1 | 44 49 Des Cl. |
| $bo = (010):(\bar{1}11)$ | 19 | 70 24 — 70 31 | 70 28 | 70 27 | 1 | |
| $os = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$ | — | — | — | 49 33 | — | |
| $oo = (\bar{1}11):(1\bar{1}1)$ | 4 | 39 4 — 39 8 | 39 5 | 39 6 | 1 | |
| $bo' = (010):(\bar{1}11)$ | 21 | 65 4 — 65 12 | 65 8 | 65 8 | 0 | |
| $o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$ | — | — | — | 24 52 | — | |
| $o'o' = (\bar{1}11):(\bar{1}1\bar{1})$ | 15 | 49 39 — 49 49 | 49 44 | 49 44 | 0 | 49 50 W. |
| $sq = (\bar{1}01):(011)$ | — | — | — | 87 40 | — | |
| $qp = (011):(\bar{1}10)$ | 40 | 87 15 — 87 37 | 87 25 | 87 24 | 1 | |
| $ps = (\bar{1}10):(\bar{1}01)$ | — | — | — | 54 56 | — | |
| $pq = (\bar{1}10):(0\bar{1}1)$ | 40 | 92 24 — 92 45 | 92 35 | 92 36 | 1 | |
| $s'q = (\bar{1}01):(011)$ | — | — | — | 45 13 | — | |
| $qp = (011):(\bar{1}10)$ | 42 | 62 41 — 62 59 | 62 49 | 62 48 | 1 | |
| $ps' = (\bar{1}10):(10\bar{1})$ | — | — | — | 71 59 | — | |
| $pq = (\bar{1}10):(0\bar{1}1)$ | 40 | 117 0 — 117 18 | 117 11 | 117 12 | 1 | |
| $r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$ | 37 | 35 1 — 35 16 | 35 11 | 35 11 | 0 | 35 6 Des Cl. |
| $o'p = (\bar{1}11):(\bar{1}10)$ | 37 | 92 6 — 92 21 | 92 12 | 92 7 | 5 | |
| $pr' = (\bar{1}10):(20\bar{1})$ | 42 | 52 28 — 52 47 | 52 37 | 52 42 | 5 | 52 39 Des Cl. |
| Gesamtzahl der Messungen: | 763 | | | | | |

Spaltbarkeit. Eine vollkommene Spaltbarkeit parallel $r'\{\bar{2}01\}$ ist entwickelt, wie gewöhnlich bei dieser Salzreihe.

Specifisches Gewicht. Da das specifische Gewicht höher als dasjenige des Methylenjodids ist, kann man die Retgersche Schwebemethode nicht anwenden; infolgedessen ist die Methode des Pyknometers mit Kappe gebraucht worden. Es ist früher gezeigt worden, daß das höchste Resultat bei dieser Methode übereinstimmt mit dem Mittelwert von mehreren Bestimmungen am schwersten Krystalle bei der Schwebemethode. Das höchste Resultat von mehreren Bestimmungen mit 4—5 g Thallium-Zinksulfat war 3,7204.

Das höchste Resultat von Perrot war 3,66; dieser sagt aber, daß das wahre specifische Gewicht gewiß nicht weniger als 3,7 sei, denn seine Krystalle waren nicht vollkommen durchsichtig. Die vom Verf. angewandten Krystalle waren für dieses Salz außerordentlich durchsichtig.

Molekularvolumen: $\frac{M}{d} = \frac{768{,}06}{3{,}7204} = 206{,}45.$

Topische Axenverhältnisse: $\chi : \psi : \omega = 6{,}1787 : 8{,}3351 : 4{,}1759.$

Diese topischen Axenverhältnisse sind mit Hilfe derselben Formel für ein gewöhnliches monosymmetrisches Raumgitter berechnet worden, welche früher bei der ganzen Salzreihe durchweg angewandt worden ist.

Orientierung der Axen des optischen Ellipsoides. Die optische Axenebene ist die Symmetrieebene $b\{010\}$. Das Zeichen der Doppelbrechung ist negativ, was bei dieser Salzreihe ein Ausnahmefall ist. Auslöschungsbestimmungen bei *Na*-Licht mit zwei Schnittplatten senkrecht zur Symmetrieebene zeigten, daß die erste Mittellinie im stumpfen Axenwinkel $\beta$ liegt und daß sie $29^0\,45'$ zur Axe $a$ und $76^0\,31'$ zur Axe $c$ geneigt ist. Daher ist die zweite Mittellinie $13^0\,29'$ zur Axe $c$ nach rückwärts geneigt, was ebenfalls ungewöhnlich für diese Salzreihe ist.

Lamy und Des Cloizeaux geben $30^0\,25'$ für die Neigung der ersten Mittellinie zur $a$-Axe und $75^0\,45'$ für ihre Neigung gegen die $c$-Axe an (beide Beobachtungen für rotes Licht; die Werte für blaues Licht waren $5'$ geringer).

Brechungsexponenten. Diese sind im Vergleich zu denen anderer Salze der Reihe außerordentlich hoch, und die Dispersion ist ebenfalls größer. Die erste Mittellinie ist ausnahmsweise die Schwingungsrichtung von $\alpha$, und die zweite Mittellinie entspricht $\gamma$, indem der mittlere Exponent $\beta$ der Symmetrieaxe $b$ entspricht, wie gewöhnlich für die Salzreihe. Die Resultate, sowie auch diejenigen von Perrot, werden in der folgenden Tabelle zusammengefaßt:

Brechungsexponenten des schwefelsauren Thallium-Zinks.

| | $\alpha$ Vibr. parallel erste Mittellinie | | $\beta$ Vibr. parallel Symmetrieaxe | | $\gamma$ Vibr. parallel zweite Mittellinie | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Tutton | Perrot | Tutton | Perrot | Tutton | Perrot |
| *Li*-Licht | 1,5880 | — | 1,6038 | — | 1,6111 | — |
| *C* - | 1,5887 | 1,5895 | 1,6046 | 1,6046 | 1,6119 | 1,6121 |
| *Na* - | 1,5931 | 1,5934 | 1,6093 | 1,6094 | 1,6168 | 1,6171 |
| *Tl* - | 1,5978 | — | 1,6143 | — | 1,6219 | — |
| *F* - | 1,6033 | 1,6037 | 1,6203 | 1,6204 | 1,6281 | 1,6294 |
| *G* - | 1,6121 | 1,6125 | 1,6295 | — | 1,6377 | — |

Mittelwert von $\alpha$, $\beta$ und $\gamma$ für *Na*-Licht 1,6064.

Der mittlere Brechungsexponent $\beta$, für das Vacuum corrigiert (Correctur $= +0{,}0004$), läßt sich für irgend eine Wellenlänge aus der folgenden Formel bis zum *F*-Licht absolut und für weitere Wellenlängen gegen das Violett approximativ berechnen:

$$\beta = 1{,}5837 + \frac{977\,466}{\lambda^2} - \frac{2\,596\,534\,000\,000}{\lambda^4} + \cdots$$

Die Exponenten $\alpha$ werden auch approximativ durch die Formel ausgedrückt, wenn man die Constante 1,5837 um 0,0162 vermindert, und die Exponenten $\gamma$, wenn man dieselbe um 0,0075 vergrößert.

Axen der optischen Indicatrix:

$$\alpha : \beta : \gamma = 0{,}9899 : 1 : 1{,}0047.$$

Molekulare optische Constanten. Diese werden in der folgenden Tabelle gegeben:

| Axe der optischen Indicatrix: | | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|---|
| Specifische Refraction $\frac{n^2-1}{(n^2+2)d} = \mathfrak{n}$ | *C* | 0,0905 | 0,0925 | 0,0934 |
| | *G* | 0,0934 | 0,0956 | 0,0966 |
| Molekulare Refraction $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$ | *C* | 69,54 | 71,07 | 71,75 |
| | *G* | 71,77 | 73,40 | 74,17 |
| Specifische Dispersion $\mathfrak{n}_G - \mathfrak{n}_C$ | | 0,0029 | 0,0031 | 0,0032 |
| Molekulare Dispersion $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$ | | 2,23 | 2,33 | 2,42 |
| Molekulare Refraction $\frac{n-1}{d} M$ | *C* | 121,53 | 124,82 | 126,33 |
| | Mittelwert von $\alpha$, $\beta$ und $\gamma$ | | | 124,23 |

Optischer Axenwinkel. Es gelang, zwei vortreffliche Schnittplatten senkrecht zur ersten Mittellinie zu erhalten, durch welche der scheinbare spitze Winkel $2E$ in Luft und $2H_a$ in Bromnaphtalin gemessen worden sind. Andere Schnittplatten senkrecht zur zweiten Mittellinie erwiesen sich als ungenügend für die Bestimmung des stumpfen Winkels $2H_o$ in Bromnaphtalin. Daher wurde der wahre Axenwinkel $2V_a$ durch Messungen bestimmt, indem die beiden erstgenannten Platten in Zimmtöl eingetaucht

wurden, dessen Brechungsexponent beinahe identisch mit dem mittleren des Krystalls ist. Die Mittelresultate für die zwei Platten sind die folgenden:

| | $2E$ | $2V_a$ |
|---|---|---|
| *Li*-Licht | 127° 0′ | 69° 8′ |
| *C* - | 127 18 | 69 12 |
| *Na* - | 130 29 | 69 24 |
| *Tl* - | 133 20 | 69 37 |
| *F* - | 137 0 | 69 55 |

Lamy und Des Cloizeaux fanden 130° 10′ für $2E$ in rotem Licht und 137° 45′ in blauem Licht. Für $2V_a$ fanden sie 76° 36′ für Rot und 78° 16′ für Blau.

Dispersion der Mittellinien. Die Beobachtungen in Zimmtöl zeigten, daß die erste Mittellinie um ein Viertel eines Grades dispergiert ist, indem sie für grünlichblaues *F*-Licht näher an der Axe *a* liegt als für rotes Licht. Lamy und Des Cloizeaux beobachteten eine ähnliche Dispersion von 5′ zwischen Rot und Blau. Perrot konnte hinreichend durchsichtige Krystalle für optische Messungen nicht darstellen.

## Thallium-Zinkselenat $Tl_2Zn(SeO_4)_2.6H_2O$.

Dieses Salz ließ sich nur mit Schwierigkeit in meßbaren Krystallen darstellen. Die Krystalle waren immer weiß und zum Teil undurchsichtig. Glücklicherweise ist ein Dutzend kleiner Individuen erhalten worden, welche durchsichtiger als wie gewöhnlich und auch besser entwickelt waren. Nur solche Messungen, welche streng zuverlässig waren, sind in der folgenden Winkeltabelle aufgenommen worden. Zwei typische Krystalle sind in Fig. 3 und 4 dargestellt.

Fig. 3.

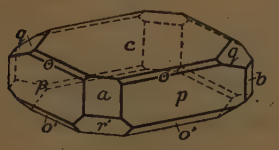
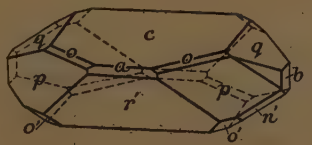



Fig. 4.




Kystallsystem: Monosymmetrisch.

Krystallklasse: Monosymmetrisch-prismatisch (holoëdrisch).

Axenverhältnis: $a:b:c = 0{,}7479:1:0{,}5022$. Werther gibt an: $0{,}7442:1:0{,}5036$.

Axenwinkel: $\beta = 105°\,54'$. Werther fand: 105° 51′.

Habitus: Dicktafelförmig parallel $c\{001\}$.

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $p\{110\}$, $q\{011\}$, $o\{111\}$, $o'\{\bar{1}11\}$, $n'\{\bar{1}21\}$, $r'\{\bar{2}01\}$.

## Morphologische Winkel des Thallium-Zinkselenats.

| Winkel | Zahl der Messungen | Grenzen | Mittel beobachtet | Berechnet | Diff. | Werte von Werther |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $ac = (100):(001)$ | 4 | 73°56′— 74°22′ | 74° 8′ | 74° 6′ | 2′ | 74° 9′ |
| $as = (100):(\bar{1}01)$ | — | — | — | 45 30 | — | |
| $sc = (\bar{1}01):(001)$ | — | — | — | 28 36 | — | |
| $cr' = (001):(\bar{2}01)$ | 6 | 63 37— 64 1 | 63 50 | 63 54 | 4 | |
| $cs' = (001):(\bar{1}01)$ | — | — | — | 38 20 | — | |
| $s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$ | — | — | — | 25 34 | — | |
| $r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$ | 4 | 41 46— 42 11 | 42 2 | 42 0 | 2 | |
| $ap = (100):(\bar{1}10)$ | 4 | 35 40— 35 50 | 35 45 | * | — | |
| $pp' = (\bar{1}10):(\bar{1}20)$ | — | — | — | 19 28 | — | |
| $p'b = (\bar{1}20):(010)$ | — | — | — | 34 47 | — | |
| $pb = (\bar{1}10):(010)$ | — | — | — | 54 15 | — | |
| $pp = (\bar{1}10):(1\bar{1}0)$ | 4 | 71 24— 71 46 | 71 32 | 71 30 | 2 | 71 12 |
| $cq = (001):(011)$ | 4 | 25 44— 25 49 | 25 47 | * | — | 25 54 |
| $qb = (011):(010)$ | 2 | 64 42— 64 47 | 64 44 | 64 43 | 1 | |
| $ao = (100):(\bar{1}11)$ | 1 | — | 48 42 | 48 43 | 1 | |
| $oq = (\bar{1}11):(011)$ | 1 | — | 26 59 | 27 0 | 1 | |
| $aq = (100):(011)$ | 1 | — | 75 41 | 75 43 | 2 | |
| $qo' = (011):(\bar{1}\bar{1}1)$ | — | — | — | 34 32 | — | |
| $o'a = (\bar{1}\bar{1}1):(\bar{1}00)$ | — | — | — | 69 45 | — | |
| $co = (001):(\bar{1}11)$ | 1 | — | 34 8 | 34 15 | 7 | |
| $op = (\bar{1}11):(\bar{1}10)$ | 1 | — | 42 56 | 42 54 | 2 | |
| $cp = (001):(\bar{1}10)$ | 8 | 77 3— 76 45 | 77 9 | * | — | 77 10 |
| $po' = (\bar{1}10):(\bar{1}1\bar{1})$ | 3 | 57 57— 58 49 | 58 7 | 58 12 | 5 | |
| $o'c = (\bar{1}\bar{1}1):(00\bar{1})$ | 5 | 44 10— 44 54 | 44 36 | 44 39 | 3 | |
| $pc = (\bar{1}10):(00\bar{1})$ | 20 | 102 26—103 43 | 102 51 | 102 51 | 0 | |
| $bo = (010):(\bar{1}11)$ | — | — | — | 70 17 | — | |
| $os = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$ | — | — | — | 49 43 | — | |
| $bn' = (010):(\bar{1}21)$ | — | — | — | 47 8 | — | |
| $n'o' = (\bar{1}21):(\bar{1}\bar{1}1)$ | — | — | — | 17 58 | — | |
| $bo' = (010):(\bar{1}\bar{1}1)$ | — | — | — | 65 6 | — | |
| $o's' = (\bar{1}\bar{1}1):(\bar{1}01)$ | — | — | — | 24 54 | — | |
| $sq = (\bar{1}01):(011)$ | — | — | — | 37 46 | — | |
| $qn' = (011):(\bar{1}21)$ | 4 | 35 48— 35 54 | 35 36 | 35 33 | 3 | |
| $n'p = (\bar{1}21):(\bar{1}10)$ | 3 | 51 20— 51 22 | 51 21 | 51 21 | 0 | |
| $qp = (011):(\bar{1}10)$ | 4 | 86 41— 87 15 | 86 59 | 86 54 | 5 | |
| $ps = (\bar{1}10):(\bar{1}01)$ | — | — | — | 55 20 | — | |
| $pq = (\bar{1}10):(01\bar{1})$ | 4 | 92 42— 93 21 | 93 0 | 93 6 | 6 | |
| $s'q = (\bar{1}01):(01\bar{1})$ | — | — | — | 45 4 | — | |
| $qp = (01\bar{1}):(\bar{1}10)$ | 3 | 62 54— 63 5 | 63 1 | 62 58 | 3 | |
| $ps' = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$ | — | — | — | 71 58 | — | |
| $pq = (\bar{1}10):(01\bar{1})$ | 2 | 116 55—117 3 | 116 59 | 117 2 | 3 | |
| $r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}\bar{1}1)$ | 1 | — | 34 57 | 35 6 | 9 | |
| $o'p = (\bar{1}\bar{1}1):(\bar{1}10)$ | 1 | — | 92 6 | 92 0 | 6 | |
| $pr' = (\bar{1}10):(\bar{2}0\bar{1})$ | 3 | 52 56— 53 5 | 53 1 | 52 54 | 7 | |
| Gesamtzahl der Messungen | 94 | | | | | |

Die vorherrschenden Formen sind, nach der Ordnung ihrer gewöhnlichen Entwickelung: $c, p, q$; die anderen sind klein, und $n'$ ist nur bei gewissen Krystallisationen vorhanden. Werther beobachtete auch die Formen $c, p, q$ vorherrschend und $b$ und $o'$ untergeordnet.

Flächenwinkel. Die Resultate werden in der Tabelle auf S. 196 gegeben. Die Zahl der berücksichtigten Messungen ist gering; denn es ist unzweifelhaft besser, nur einige wenige zuverlässige Winkelwerte als das Mittel einer größeren Zahl von weniger sicheren Werten anzunehmen.

Spaltbarkeit. Das Salz zeigt die gewöhnliche Spaltungsrichtung für die Reihe parallel zu $r'\{\bar{2}01\}$.

Bestimmungen des specifischen Gewichtes wurden gemacht; die Resultate wurden aber zu stark durch die Undurchsichtigkeit beeinflußt, um zuverlässig zu sein. Ebenso war keine optische Untersuchung möglich wegen derselben Tatsache; denn jede geschliffene Schnittplatte oder Prisma erwies sich als ganz undurchsichtig.

## Erörterung der Resultate.

Die Untersuchung dieser beiden Thalliumsalze vollendet die Arbeit über eine typische Salzgruppe, die monosymmetrische Salzreihe $R_2M(\overset{S}{Se}O_4)_2.6H_2O$, in welcher $M$ Zink bedeutet, während $R =$ Kalium, Rubidium, Cäsium, Ammonium oder Thallium ist. Die Verhältnisse der Salze der ersten vier $R$-Basen der Gruppe sind schon früher eingehend in dieser Zeitschrift beschrieben worden[1]).

Morphologische Winkel. Diese werden für die ganze Zink-enthaltende Salzgruppe in der umstehenden Tabelle (S. 198) verglichen.

Ferner wird das systematische Krystallelement, der monosymmetrische Axenwinkel $\beta$, in der nachstehenden Tabelle verglichen:

Werte des Axenwinkels $\beta$.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Für $KZn$-Sulfat | 104° 48′ | Für $KZn$-Selenat | 104° 12′ |
| - $RbZn$ - | 105 53 | - $RbZn$ - | 105 16 |
| - $CsZn$ - | 107 1 | - $CsZn$ - | 106 11 |
| - $(NH_4)Zn$ - | 106 52 | - $(NH_4)Zn$ - | 106 14 |
| - $TlZn$ - | 106 16 | - $TlZn$ - | 105 54 |

Weiterhin wird eine andere lehrreiche Tabelle gegeben, in welcher die durchschnittliche und maximale Winkeländerung bei der Ersetzung des Kaliums durch die anderen vier Basen gezeigt wird.

---

1) Diese Zeitschr. 1893, **21**, 505 f.

## Vergleichung der morphologischen Winkel.

| Winkel | *KZn* Sulfat | *RbZn* Sulfat | *CsZn* Sulfat | $(NH_4)Zn$ Sulfat | *TlZn* Sulfat | *KZn* Selenat | *RbZn* Selenat | *CsZn* Selenat | $(NH_4)Zn$ Selenat | *TlZn* Selenat |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $ac = (100):(001)$ | 75°42′ | 74° 7′ | 72°59′ | 73° 8′ | 73°44′ | 75°48′ | 74°44′ | 73°49′ | 73°46′ | 74° 6′ |
| $as = (100):(101)$ | 45 56 | 45 16 | 44 28 | 44 40 | 45 10 | 46 19 | 45 47 | 45 3 | 45 1 | 45 30 |
| $sc = (101):(001)$ | 29 16 | 28 51 | 28 31 | 28 28 | 28 34 | 29 29 | 28 57 | 28 46 | 28 45 | 28 36 |
| $cr' = (001):(\bar{2}01)$ | 63 38 | 64 20 | 65 15 | 64 56 | 64 19 | 63 12 | 63 42 | 64 36 | 64 36 | 63 54 |
| $cs' = (001):(\bar{1}01)$ | 38 32 | 38 45 | 39 9 | 38 55 | 38 35 | 38 22 | 38 24 | 38 52 | 38 52 | 38 20 |
| $s'r' = (\bar{1}01):(\bar{2}01)$ | 25 6 | 25 35 | 26 6 | 26 1 | 25 44 | 24 50 | 25 18 | 25 44 | 25 44 | 25 34 |
| $r'a = (\bar{2}01):(\bar{1}00)$ | 41 10 | 41 33 | 41 46 | 41 56 | 41 57 | 41 0 | 41 34 | 41 35 | 41 38 | 42 0 |
| $ap = (100):(110)$ | 35 37 | 35 22 | 34 51 | 35 13 | 36 26 | 35 52 | 35 38 | 35 4 | 35 26 | 35 45 |
| $pp' = (110):(\bar{1}20)$ | 19 28 | 19 28 | 19 28 | 19 28 | 19 28 | 19 28 | 19 28 | 19 28 | 19 28 | 19 28 |
| $p'b = (\bar{1}20):(010)$ | 34 55 | 35 10 | 35 41 | 35 19 | 35 6 | 34 40 | 34 54 | 35 28 | 35 6 | 34 47 |
| $pb = (110):(010)$ | 54 23 | 54 38 | 55 9 | 54 47 | 54 34 | 54 8 | 54 22 | 54 56 | 54 34 | 54 15 |
| $cq = (001):(011)$ | 25 58 | 25 44 | 25 23 | 25 33 | 25 41 | 26 8 | 25 50 | 25 31 | 25 50 | 25 47 |
| $qb = (011):(010)$ | 64 2 | 64 16 | 64 37 | 64 27 | 64 19 | 63 52 | 64 10 | 64 29 | 64 10 | 64 13 |
| $ao = (100):(111)$ | 49 10 | 48 27 | 47 37 | 47 52 | 48 22 | 49 35 | 48 59 | 48 12 | 48 15 | 48 43 |
| $oq = (111):(011)$ | 27 34 | 27 17 | 27 3 | 26 57 | 27 0 | 27 42 | 27 19 | 27 14 | 27 11 | 27 0 |
| $aq = (100):(011)$ | 76 44 | 75 44 | 74 40 | 74 49 | 75 22 | 77 17 | 76 18 | 75 26 | 75 26 | 75 43 |
| $qo' = (011):(\bar{1}11)$ | 34 42 | 34 55 | 35 21 | 35 5 | 34 51 | 34 31 | 34 37 | 35 6 | 35 0 | 34 32 |
| $o'a = (\bar{1}11):(\bar{1}00)$ | 68 34 | 69 21 | 69 59 | 70 6 | 69 47 | 68 12 | 69 5 | 69 28 | 69 34 | 69 45 |
| $co = (001):(111)$ | 34 54 | 34 24 | 33 54 | 33 57 | 34 9 | 35 11 | 34 34 | 34 13 | 34 20 | 34 15 |
| $op = (111):(110)$ | 43 7 | 42 42 | 42 12 | 42 20 | 42 39 | 43 21 | 43 5 | 42 36 | 42 30 | 42 54 |
| $cp = (001):(110)$ | 78 1 | 77 6 | 76 6 | 76 17 | 76 48 | 78 32 | 78 39 | 76 49 | 76 50 | 77 9 |
| $po' = (110):(11\bar{1})$ | 57 14 | 57 59 | 58 42 | 58 38 | 58 19 | 56 50 | 57 43 | 58 14 | 58 4 | 58 12 |
| $o'c = (11\bar{1}):(00\bar{1})$ | 44 45 | 44 55 | 45 12 | 45 5 | 44 53 | 44 38 | 44 38 | 44 57 | 45 6 | 44 39 |
| $bo = (010):(111)$ | 70 5 | 70 24 | 70 51 | 70 39 | 70 27 | 69 51 | 70 13 | 70 37 | 70 23 | 70 17 |
| $os = (111):(101)$ | 19 55 | 19 36 | 19 9 | 19 21 | 19 33 | 20 9 | 19 47 | 19 23 | 19 37 | 19 43 |
| $bo' = (010):(\bar{1}11)$ | 65 13 | 65 13 | 65 19 | 65 9 | 65 8 | 65 10 | 65 14 | 65 22 | 65 3 | 65 6 |
| $o's' = (\bar{1}11):(\bar{1}01)$ | 24 47 | 24 47 | 24 41 | 24 51 | 24 52 | 24 50 | 24 46 | 24 38 | 24 57 | 24 54 |
| $sq = (101):(011)$ | 38 21 | 37 54 | 37 27 | 37 31 | 37 40 | 38 36 | 38 2 | 37 43 | 37 54 | 37 46 |
| $qp = (011):(\bar{1}10)$ | 86 5 | 87 7 | 88 24 | 88 0 | 87 24 | 85 26 | 86 30 | 87 37 | 87 16 | 86 54 |
| $ps = (\bar{1}10):(\bar{1}0\bar{1})$ | 55 34 | 54 59 | 54 9 | 54 29 | 54 56 | 55 58 | 55 28 | 54 40 | 54 50 | 55 20 |
| $s'q = (\bar{1}01):(011)$ | 45 19 | 45 22 | 45 31 | 45 25 | 45 13 | 45 15 | 45 8 | 45 21 | 45 31 | 45 4 |
| $qp = (011):(110)$ | 63 47 | 63 6 | 62 29 | 62 27 | 62 48 | 64 7 | 63 30 | 63 5 | 62 46 | 62 58 |
| $ps' = (110):(10\bar{1})$ | 70 54 | 71 32 | 72 0 | 72 8 | 71 59 | 70 38 | 71 22 | 71 34 | 71 43 | 71 58 |
| $r'o' = (\bar{2}01):(\bar{1}11)$ | 34 42 | 35 1 | 35 19 | 35 22 | 35 11 | 34 33 | 34 49 | 35 2 | 35 14 | 35 6 |
| $o'p = (\bar{1}11):(\bar{1}10)$ | 93 2 | 92 36 | 92 25 | 92 4 | 92 7 | 93 10 | 92 39 | 92 43 | 92 17 | 92 0 |
| $pr' = (110):(20\bar{1})$ | 52 16 | 52 23 | 52 16 | 52 34 | 52 42 | 52 17 | 52 32 | 52 15 | 52 29 | 52 54 |

(Hierher die Tabelle der durchschn. u. max. Winkelveränder. auf S. 199 oben.)

Aus diesen Tabellen leitet man, was die Thalliumsalze betrifft, die folgenden Resultate ab:

Die Axenwinkel $\beta$ des Thalliumsalzes jeder Gruppe liegt in der Mitte zwischen den Werten dieses Winkels für die Rubidium- und Cäsiumsalze jener Gruppe.

Tabelle der durchschnittlichen und maximalen Winkelveränderungen.

| Gruppe | Durchschnittl. Veränderung bei Ersetzung von $K$ durch | | | | Maximale Veränderung bei Ersetzung von $K$ durch | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *Rb* | *Cs* | $NH_4$ | *Tl* | *Rb* | *Cs* | $NH_4$ | *Tl* |
| *Zn*-Sulfatgruppe | 26′ | 56′ | 50′ | 35′ | 65′ | 139′ | 124′ | 88′ |
| *Zn*-Selenatgruppe | 27 | 52 | 49 | 41 | 64 | 131 | 122 | 102 |

Von 36 verglichenen Winkeln zeigen 33 bei beiden Sulfaten und Selenaten eine Veränderung nach derselben Richtung, wie sie beobachtet wird, wenn Kalium durch Rubidium oder Cäsium ersetzt wird. Von diesen 33 zeigen 24 im Falle des Sulfats und 25 im Falle des Selenats eine Veränderung, welche größer ist als diejenige, welche von der Ersetzung des Kaliums durch Rubidium hervorgebracht wird; 20 resp. 17 dieser Winkel liegen zwischen den Werten für das Rubidium- und das Cäsiumsalz, während die übrigbleibenden 4 resp. 8 außerhalb der Werte für das Cäsiumsalz liegen.

Die durchschnittlichen und maximalen Veränderungen, wenn Kalium durch Thallium ersetzt wird, liegen in der Mitte zwischen denjenigen, welche hervorgebracht werden, wenn Kalium durch Rubidium resp. Cäsium ersetzt wird.

Es geht also, was die morphologischen Eigenschaften der Thalliumsalze dieser monosymmetrischen Reihe betrifft, hieraus dieselbe Tatsache klar hervor, wie aus der Untersuchung über die einfachen normalen Sulfate und Selenate der Alkalien, nämlich, daß die Wirkung der Ersetzung durch Thallium nicht im Verhältnis zu seinem Atomgewicht steht, sondern daß die Winkel nur solche sind, welche erlauben, daß man die Thalliumsalze als Glieder derselben isomorphen Reihe classificieren kann, wenn man einer »isomorphen Reihe« die strenge Definition zuschreibt, welche am Ende der letzten Mitteilung über Thalliumsulfat und -Selenat gegeben worden ist. Ein Fortschreiten nach dem Atomgewicht — wie in den Fällen von Kalium, Rubidium und Cäsium — ist keinesfalls zu bemerken.

Also ist es klar, daß die abweichende Natur des Thalliums — mit der streng eutropischen Reihe Kalium, Rubidium, Cäsium verglichen — bewirkt, daß man Thallium nicht in derselben eutropischen Reihe classificieren kann und daß die Kaliumsalze nur der weiteren »isomorphen Reihe« angehören, welche in der früheren Mitteilung definiert worden ist.

Morphologische Axenverhältnisse. Diese werden in der nachstehenden Tabelle verglichen:

| Salz: | $a$ : | $b$ : | $c$ | Salz: | $a$ : | $b$ : | $c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $KZn$-Sulfat | 0,7413 : | 1 : | 0,5044 | $KZn$-Selenat | 0,7458 : | 1 : | 0,5073 |
| $RbZn$ - | 0,7373 : | 1 : | 0,5011 | $RbZn$ - | 0,7431 : | 1 : | 0,5019 |
| $(NH_4)Zn$ - | 0,7368 : | 1 : | 0,4997 | $(NH_4)Zn$ - | 0,7409 : | 1 : | 0,5040 |
| $CsZn$ - | 0,7274 : | 1 : | 0,4960 | $CsZn$ - | 0,7314 : | 1 : | 0,4971 |
| $TlZn$ - | 0,7413 : | 1 : | 0,5010 | $TlZn$ - | 0,7479 : | 1 : | 0,5022 |

Über diese Verhältnisse kann man nur sagen, daß sie beweisen, daß diese Thalliumsalze derselben isomorphen Reihe wie diejenigen von Kalium, Rubidium und Cäsium angehören.

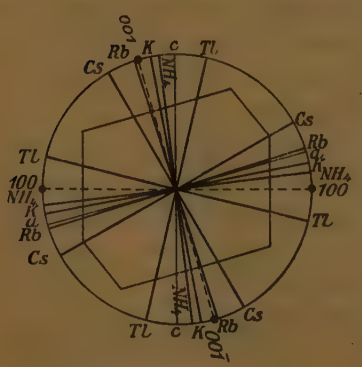
Volumen. Die specifischen Gewichte, molekularen Volumina und topischen Axenverhältnisse des schwefelsauren Thalliumsalzes werden in der folgenden Tabelle mit denjenigen der analogen Salze von Kalium, Rubidium, Cäsium und Ammonium verglichen.

Volumconstanten.

| | Spec. Gew. bei 20°/4° | Molekular-volumina | Topische Axenverhältnisse | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | $\chi$ | $\psi$ | $\omega$ |
| $KZn$-Sulfat | 2,246 | 196,16 | 6,0462 | 8,1562 | 4,1141 |
| $RbZn$ - | 2,591 | 205,58 | 6,1436 | 8,3326 | 4,1754 |
| $CsZn$ - | 2,875 | 217,97 | 6,2415 | 8,5808 | 4,2561 |
| $(NH_4)Zn$ - | 1,932 | 206,38 | 6,1648 | 8,3670 | 4,1810 |
| $TlZn$ - | 3,720 | 206,45 | 6,1787 | 8,3351 | 4,1759 |

Das spec. Gewicht des Thalliumsalzes ist, wie zu erwarten war, viel höher als das irgend eines anderen Gliedes der Gruppe. Jedoch ist das molekulare Volumen um weniger als eine Einheit höher als dasjenige des Rubidiumsalzes, und fast ebensogroß wie dasjenige des Ammoniumsalzes, welches das leichteste Glied der Reihe ist. Die topischen Axenverhältnisse des Thallium-, Ammonium- und Rubidiumsalzes sind ebenfalls beinahe identisch.

Fig. 5.




In dieser Reihe scheinen also die Thalliumdoppelsalze in Rücksicht auf ihre Volumina und Structurgrößen den Rubidium- und Ammoniumsalzen sehr nahe zu stehen, genau wie es für die einfachen Thalliumsalze in der früheren Mitteilung gezeigt worden ist.

Orientierung des optischen Ellipsoids. Die relativen Stellungen der optischen Ellipsoide der fünf Doppelsalze der Zinkgruppe sind aus Fig. 5 ersichtlich, bei welcher die ausgezogenen Linien die in der Symmetrieebene liegenden Mittellinien repräsentieren. Diejenigen, welche in der Gegend der krystallo-

graphischen Axe $a$ liegen, sind die ersten Mittellinien und diejenigen in der Nähe der verticalen Axe $c$ die zweiten Mittellinien. Die Einführung des Thalliums anstatt Kalium bringt eine beträchtliche nach rückwärts gerichtete Drehung des optischen Ellipsoids hervor, während die Ersetzung des Kaliums durch Rubidium oder Cäsium eine regelmäßige Drehung nach vorwärts hervorruft.

Die Wirkung ähnelt derjenigen, welche im Falle der Einführung des Ammoniums eintritt, aber sie ist bei Thallium viel stärker, so daß die zweite Mittellinie hinter die verticale Axe $c$ geworfen wird.

Brechungsexponenten. Das Thalliumsalz zeigt seine Individualität und Abweichung von den Salzen der wahren Alkalimetalle, indem es außerordentlich hohe Refraction besitzt, ebenso stärkere Dispersion und Doppelbrechung. Auch ist das Zeichen der letzteren ein anderes, nämlich negativ.

Die Brechungsexponenten und die Doppelbrechung wurden nachstehend tabellarisch zusammengestellt und diese Tabelle wird das Gesagte klar machen.

Brechungsexponenten.

| Index: | Licht: | *KZn*-Sulfat: | *RbZn*-Sulfat: | $(NH_4)Zn$-Sulfat: | *CsZn*-Sulfat: | *TlZn*-Sulfat: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $\alpha$ | *Li* | 1,4748 | 1,4807 | 1,4858 | 1,4994 | 1,5880 |
| | *C* | 1,4752 | 1,4811 | 1,4862 | 1,4998 | 1,5887 |
| | *Na* | 1,4775 | 1,4833 | 1,4888 | 1,5022 | 1,5931 |
| | *Tl* | 1,4797 | 1,4857 | 1,4914 | 1,5047 | 1,5978 |
| | *F* | 1,4826 | 1,4886 | 1,4947 | 1,5079 | 1,6033 |
| | *G* | 1,4866 | 1,4929 | 1,4992 | 1,5125 | 1,6121 |
| $\beta$ | *Li* | 1,4805 | 1,4856 | 1,4900 | 1,5020 | 1,6038 |
| | *C* | 1,4809 | 1,4860 | 1,4904 | 1,5024 | 1,6046 |
| | *Na* | 1,4833 | 1,4884 | 1,4930 | 1,5048 | 1,6093 |
| | *Tl* | 1,4857 | 1,4908 | 1,4957 | 1,5073 | 1,6143 |
| | *F* | 1,4889 | 1,4938 | 1,4990 | 1,5104 | 1,6203 |
| | *G* | 1,4929 | 1,4980 | 1,5036 | 1,5151 | 1,6295 |
| $\gamma$ | *Li* | 1,4938 | 1,4947 | 1,4963 | 1,5064 | 1,6111 |
| | *C* | 1,4942 | 1,4951 | 1,4967 | 1,5068 | 1,6119 |
| | *Na* | 1,4969 | 1,4975 | 1,4994 | 1,5093 | 1,6168 |
| | *Tl* | 1,4994 | 1,5001 | 1,5021 | 1,5119 | 1,6219 |
| | *F* | 1,5027 | 1,5033 | 1,5056 | 1,5152 | 1,6281 |
| | *G* | 1,5067 | 1,5078 | 1,5102 | 1,5199 | 1,6377 |

Mittlerer Brechungsexponent $\frac{1}{3}(\alpha + \beta + \gamma)$ für *Na*-Licht.

| | |
|---|---|
| Für *KZn*-Sulfat | 1,4859 |
| - *RbZn* - | 1,4897 |
| - $(NH_4)Zn$ - | 1,4937 |
| - *CsZn* - | 1,5054 |
| - *TlZn* - | 1,6064 |

Doppelbrechung $Na_{\gamma-\alpha}$.

| Salz: | Zeichen: | Wert: |
|---|---|---|
| *KZn*-Sulfat | + | 0,0194 |
| *RbZn* - | + | 0,0142 |
| $(NH_4)Zn$ - | + | 0,0106 |
| *CsZn* - | + | 0,0071 |
| *TlZn* - | − | 0,0237 |

Molekulare optische Constanten. Die Werte dieser Constanten für Thallium-Zinksulfat werden mit denjenigen für die anderen Salze der Gruppe in den nächsten Tabellen verglichen.

Molekulare Refraction und Dispersion (Lorenz).

| Salz | Molekulare Refraction $\frac{n^2-1}{n^2+2} \cdot \frac{M}{d} = \mathfrak{m}$ | | | | | | Molek. Dispersion $\mathfrak{m}_G - \mathfrak{m}_C$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Für Strahl $C(H_\alpha)$ | | | Für Strahl $(H_\gamma)$ bei $G$ | | | | | |
| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
| *KZn*-Sulfat | 55,25 | 55,81 | 57,12 | 56,37 | 57,00 | 58,35 | 1,12 | 1,19 | 1,23 |
| *RbZn* - | 58,51 | 59,02 | 59,96 | 59,73 | 60,26 | 61,26 | 1,22 | 1,24 | 1,30 |
| $(NH_4)Zn$ - | 59,27 | 59,71 | 60,36 | 60,62 | 61,07 | 61,74 | 1,35 | 1,36 | 1,38 |
| *CsZn* - | 64,09 | 64,37 | 64,85 | 65,46 | 65,74 | 66,25 | 1,37 | 1,37 | 1,40 |
| *TlZn* - | 69,54 | 71,07 | 71,73 | 71,77 | 73,40 | 74,17 | 2,23 | 2,33 | 2,42 |

Molekulare Refraction (Gladstone und Dale) $\frac{n-1}{d} M$ für Strahl *C*.

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|
| Kalium-Zinksulfat | 93,21 | 94,33 | 96,94 |
| Rubidium - | 98,91 | 99,91 | 101,78 |
| Ammonium - | 100,34 | 101,21 | 102,51 |
| Cäsium - | 108,94 | 109,51 | 110,47 |
| Thallium - | 121,53 | 124,82 | 126,33 |

Mittlere Molekulare Refraction $\frac{1}{3}(\alpha+\beta+\gamma)$ für Strahl *C*.

| | |
|---|---|
| *KZn*-Sulfat | 94,83 |
| *RbZn* - | 100,20 |
| $(HN_4)Zn$ - | 101,35 |
| *CsZn* - | 109,64 |
| *TlZn* - | 124,23 |

Aus diesen Tabellen geht klar hervor, daß die molekulare Refraction des Thalliumsalzes diejenige für die anderen Salze der Gruppe weit übertrifft, gleichgültig, welche Formel immer man anwendet, oder ob man bestimmte Richtungen oder den Mittelwert für den ganzen Krystall betrachtet.

Axenverhältnisse der optischen Indicatrix. Diese werden in der folgenden Tabelle verglichen, erstens, wenn man den $\beta$-Wert für jedes

Salz als Einheit nimmt (diese Verhältnisse bestimmen den optischen Axenwinkel), und zweitens, wenn man den $\beta$-Wert des Kaliumsalzes als Einheit für sämtliche Salze der Gruppe nimmt (diese Verhältnisse zeigen die volle Veränderung des Ellipsoids, wenn man von einem Salze zum anderen übergeht).

Axenverhältnisse der optischen Indicatrix.

| | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *KZn*-Sulfat | 0,9961 : | 1 : | 1,0092 | 0,9961 : | 1 | : 1,0092 |
| *RbZn* - | 0,9966 : | 1 : | 1,0061 | 1,0000 : | 1,0034 | : 1,0096 |
| $(NH_4)Zn$ - | 0,9972 : | 1 : | 1,0043 | 1,0037 : | 1,0065 | : 1,0109 |
| *CsZn* - | 0,9983 : | 1 : | 1,0030 | 1,0127 : | 1,0145 | : 1,0175 |
| *TlZn* - | 0,9899 : | 1 : | 1,0047 | 1,0740 : | 1,0850 | : 1,0900 |

Aus der zweiten Verhältnisreihe geht klar hervor, daß die optische Indicatrix des Thalliumsalzes, mit den Indicatrices der anderen vier Salze der Gruppe verglichen, nach sämtlichen Richtungen sehr ausgedehnt ist, was ebenfalls den abweichenden optischen Charakter der Thalliumsalze andeutet.

Die Verhältnisse der ersten Reihe, welche die optischen Axenwinkel bestimmen, sind nicht streng vergleichbar, da das Thalliumsalz, was das Zeichen der Doppelbrechung betrifft, negativ ist, während die anderen Salze positiv sind.

Man kann also nur sagen, daß diese ersten Axenverhältnisse die außerordentliche optische Natur des Thalliumsalzes andeuten.

Optische Axenwinkel. Die Werte des optischen Axenwinkels werden in der nächsten Tabelle verglichen:

Optische Axenwinkel $2V_a$.

| | *KZn*-Sulfat: | *RbZn*-Sulfat: | *CsZn*-Sulfat: | $(NH_4)Zn$-Sulfat: | *TlZn*-Sulfat: |
|---|---|---|---|---|---|
| *Li* | 68° 17′ | 73° 42′ | 74° 30′ | 78° 57′ | 69° 8′ |
| *C* | 68 16 | 73 40 | 74 27 | 78 58 | 69 12 |
| *Na* | 68 14 | 73 33 | 74 11 | 79 0 | 69 24 |
| *Tl* | 68 12 | 73 27 | 73 52 | 79 2 | 69 37 |
| *F* | 68 9 | 73 18 | 73 31 | 79 3 | 69 55 |

Der Wert des optischen Axenwinkels des Thalliumsalzes liegt also zwischen den Werten von $2V_a$ für das Kalium- und das Rubidiumsalz. Die erste Mittellinie ist aber eine verschiedene; denn sie ist jetzt die Axe $\alpha$ der Indicatrix, während bei den anderen Salzen $\gamma$ die erste Mittellinie ist.

## Allgemeine Schlußfolgerungen.

Die Hauptschlußfolgerung aus dieser Untersuchung besagt, daß die morphologischen und physikalischen Eigenschaften der Krystalle der Thallium-

enthaltenden Doppelsalze der Reihe $R_2M(^{S}_{Se}O_4)_2.6H_2O$ solche sind, welche mit ihrer Einbeziehung in dieser isomorphen Reihe übereinstimmen, zu der man sie wegen ihrer chemischen Zusammensetzung stellen würde; eine Stellung aber in der mehr ausschließlichen eutropischen Reihe innerhalb der isomorphen Reihe kann man ihnen nicht zuschreiben, denn die Glieder einer solchen eutropischen Reihe folgen dem Gesetze des Fortschreitens nach dem Atomgewichte der vertauschbaren Metalle. Die Definition einer isomorphen Reihe, welche sie einschließt, ist diejenige, welche in der früheren Mitteilung gegeben worden ist, nämlich eine Reihe, deren Glieder eine specifische chemische Analogie tragen, mit ähnlicher Symmetrie krystallisieren und Formen entwickeln, deren Flächenwinkel nur um einen noch nicht 3° erreichenden Betrag verschieden sind (maximale beobachtete Differenz = 2°21′). Die eutropische Reihe schließt nur die Salze ein, deren vertauschbare elektropositiven oder elektronegativen chemischen Elemente streng zu derselben Familiengruppe des periodischen Systems gehören.

Die Salze von Kalium, Rubidium und Cäsium sind also eutropisch isomorph, progressiv nach dem Atomgewicht, wie es auch die einfachen oder doppelten Sulfate von irgend einem dieser Metalle mit den entsprechenden Selenaten sind, und sogar auch das Sulfat mit dem Selenat des Thalliums oder die Thallium-enthaltenden Doppelsulfate mit den Doppelselenaten. Doch ist Thalliumsulfat nicht eutropisch, sondern nur gewöhnlich isomorph mit Kaliumsulfat. Es ist also klar, daß Thallium nicht derselben Gruppe wie die wahren Alkalimetalle angehört.

Die Stellung des Thalliums sowohl in den einfachen als in den Doppelsalzen ist sehr nahe derjenigen des Ammoniums, und daher auch derjenigen des Rubidiums, mit der Ausnahme, daß die Thalliumsalze außerordentlich großes Brechungsvermögen besitzen, d. h. daß sie colossalen Widerstand gegen die Lichtschwingungen bieten, wodurch sie in allen ihren optischen Eigenschaften eine isolierte Ausnahmestellung einnehmen.

Die Schlußfolgerungen, welche aus der früheren Untersuchung über die einfachen Salze abgeleitet worden sind, werden durch die Resultate der gegenwärtigen Untersuchung über die Doppelsalze also vollauf bestätigt. Die jetzt untersuchte Zinkgruppe bildet ein sehr typisches Beispiel unter den acht Gruppen der ganzen Doppelsulfatreihe, und die Thallium-enthaltenden Salze dieser Gruppe sind die bestentwickelten der sämtlichen Thallium-enthaltenden Salze der ganzen Reihe; sie sind bis jetzt die einzigen, welche für eine eingehende Untersuchung genügende Krystalle lieferten.

# XI. Bemerkungen zur Krystallform des Chalmersits und des Prehnits.

Von

C. Hlawatsch in Wien.

(Mit 1 Textfigur.)

---

Die mineralogisch-petrographische Abteilung des k. k. naturhistorischen Hofmuseums erhielt vor kurzer Zeit unter anderen eine Stufe von Morro Velho in Brasilien, welche außer Quarz und Calcit noch Anatas, Pyrrhotin, Kupferkies und Chalmersit, letzteren in verhältnismäßig großen Krystallen (bis 4 mm lang) und nicht auf Pyrrhotin aufgewachsen, zeigt. Zum Behufe sicherer Identification wurde ein Krystall gemessen und dabei die für Chalmersit neue Fläche {133} gefunden. Dieselbe war wohl mit vier Flächen ausgebildet, wovon eine ziemlich groß war; aber nur eine der kleineren gab einen sehr guten Reflex. Die Position wurde am Goldschmidtschen Goniometer zu $\varphi = 30^{0}11'$, $\varrho = 48^{0}6'$ bestimmt, was nahezu identisch mit den berechneten Werten ist (siehe Tabelle auf S. 207).

Der Krystall war insofern merkwürdig ausgebildet, als ein $m$-Flächenpaar ziemlich im Gleichgewicht mit $b\{010\}$ ausgebildet war, wodurch der Krystall wie rhombisch-hemiëdrisch aussah.

Von den von Palache[1]) beobachteten Flächen waren mit Ausnahme von $d$ und $u$ alle ausgebildet. Wenngleich diese letzteren Flächen gewiß sehr wahrscheinlich sind und auch mit den berechneten Positionen sehr gut übereinstimmen, so erscheint es doch nicht ganz unmöglich, daß es sich bei diesen Flächen, die von Palache mit nur je einer Fläche beobachtet wurden, um Flächen $p$ und $o$ in Zwillingsstellung nach $l$ oder $m$ handelt. Wie sich weiter ergeben wird, spielt allerdings die Fläche $u$ eine nicht unbedeutende Rolle im Zusammenhang. Die neue Fläche {133}, der mit Rücksicht darauf, daß Hussak[2]) eine vermutliche Zwillingsebene {112}

1) Diese Zeitschr. 1908, **44**, 15.

2) Centralbl. f. Min. 1902, 207. Ref. diese Zeitschr. 1905, **40**, 412.

mit $v$ bezeichnete, der Buchstabe $w$ gegeben wurde, gestattet nun die Frage, zu lösen, wie die etwas complicierten Indices der meisten Pyramidenflächen zu vereinfachen sind. Palache meint: »Die Wahl der Pyramide $r$ als Grundform würde die Symbole etwas vereinfachen, aber dann wäre kein primäres Prisma vorhanden und die Beziehungen zum Chalkosin wären verdunkelt.« Wählt man aber jetzt $w$ als Grundpyramide und vertauscht die $a$- und die $b$-Axe, so erhalten alle Flächen einfache Indices, welche in der unten folgenden Winkeltabelle in Columne 3 und 4 denen Palaches gegenübergestellt sind.

Die Goldschmidt'sche Transformationsgleichung lautet für diese Veränderung: $p_{\text{Hlaw.}} = q_{\text{Pal.}}$, $q_{\text{Hlaw.}} = 3p_{\text{Pal.}}$. Die Transformation für Miller'sche Indices ist sofort einzusehen. Die Beziehung zum Chalkosin, die auch Hussak betont, wird jetzt allerdings unklarer; zwar sind die beiden $a$-Axen jetzt fast gleich, wie sie es bei pseudohexagonalen Krystallen ja sein sollen, die $c$-Axen sind aber stark verschieden. Es fragt sich aber nun, ob diese nahe Beziehung zum Chalkosin wirklich besteht.

Die Flächen des letzteren, soweit sie in Goldschmidts Winkeltabellen enthalten sind, zeigen ganz normale Indices, es wäre also nicht wohl angebracht, dort die gleiche Transformation wie am Chalmersit vorzunehmen, auch nicht nur in bezug auf die $c$-Axe. Die beiden Minerale scheinen also ein ganz verschiedenes Formensystem zu besitzen, die Übereinstimmung ist demnach gewissermaßen nur eine zufällige, wie auch Rinne[1]) bemerkt.

Berechnet man die Molekularvolumina von Chalmersit und Chalkosin, so ergibt sich keine einfache Beziehung zwischen beiden. Übrigens könnte ja das *Cu* im Chalmersit auch zweiwertig sein, dann hat die einfache Formel Hussaks einen sehr schönen Sinn: $CuFe_3S_4$ (in $Fe_4S_4$ ein *Fe* durch *Cu* ersetzt) und die Beziehung zum Pyrrhotin, die sich auch krystallographisch nicht leugnen läßt, springt sofort in die Augen, wenn wir mit Groth (Chem. Krystallographie **1**, 146) für Pyrrhotin $FeS$ annehmen.

Da die specifischen Gewichte des Pyrrhotins 4,56—4,82 stark schwanken, und das des Chalmersits 4,68 zwischen die äußersten Grenzen derselben fällt, so kann auf einen näheren Vergleich der Molekularvolumina und der topischen Axen nicht eingegangen werden. Sicher dürften aber hier die Molekularvolumina nicht sehr stark verschieden sein. Von einer Isomorphie von Chalmersit und Pyrrhotin zu reden, wäre allerdings nicht angezeigt; ein Umstand spricht sogar dagegen: Verf. beobachtete einen dünnsäulenförmigen, stockähnlich aufgebauten Chalmersitkrystall, auf dem jüngere Pyrrhotinkrystalle saßen. Wären die beiden Substanzen isomorph, so wäre zu erwarten, daß sie mit den Prismenzonen ‖ verwachsen; leider waren bei beiderlei Krystallen die Reflexe zu schlecht, um die Orientierung genau

1) Centralbl. f. Min. 1902, 207. Ref. diese Zeitschr. 1905, **40**, 412.

zu bestimmen; es schien jedoch, als ob $c$ des Pyrrhotins mit $p$ des Chalmersits angenähert ‖ wäre. Gibt man übrigens dem Chalmersit Indices des hexagonalen Systems, so erhält man für die hier gewählte Aufstellung: $c\{0001\}$, $al\{01\bar{1}0\}$, $bm\{11\bar{2}0\}$, $yt\{01\bar{1}1\}$, $w\{02\bar{2}1\}$, $s\{04\bar{4}1\}$, $f\{11\bar{2}2\}$, $g\{11\bar{2}1\}$, $pd\{22\bar{4}1\}$, $uo\{12\bar{3}2\}$, $r\{12\bar{3}1\}$.

Um gleiche Aufstellung des letzteren mit Pyrrhotin zu erzielen, müßten die Flächen $r$ ($\varrho = 43°37'$) und $t$ ($\varrho = 25°28'$) als Deuteropyramiden $\{11\bar{2}1\}$ und $\{11\bar{2}2\}$ aufgefaßt werden. Die Palache'sche Aufstellung als hexagonal aufgefaßt ergäbe die Indices $al\{11\bar{2}0\}$, $bm\{01\bar{1}0\}$, $yt\{11\bar{2}6\}$, $w\{11\bar{2}3\}$, $s\{22\bar{4}3\}$, $g\{01\bar{1}2\}$, $f\{01\bar{1}4\}$, $pd\{01\bar{1}1\}$, $uo\{41.\bar{5}.12\}$, $r\{41\bar{5}6\}$. Zum Vergleich der Stellung, welche die beobachteten Flächen in ihrem Zonenverbande einnehmen, ist eine gnomonische Projection beigegeben, aus welcher ersehen werden kann, daß $w$, $g$, $t$, $o$, $r$, $y$ eine bedeutend größere Rolle spielen als $p$ und $d$, daß daher die Umstellung berechtigt sein dürfte. Die Buchstabengebung möchte Verfasser jedoch nicht ändern, auch nicht $b$ und $a$ vertauschen, da

## Elemente.

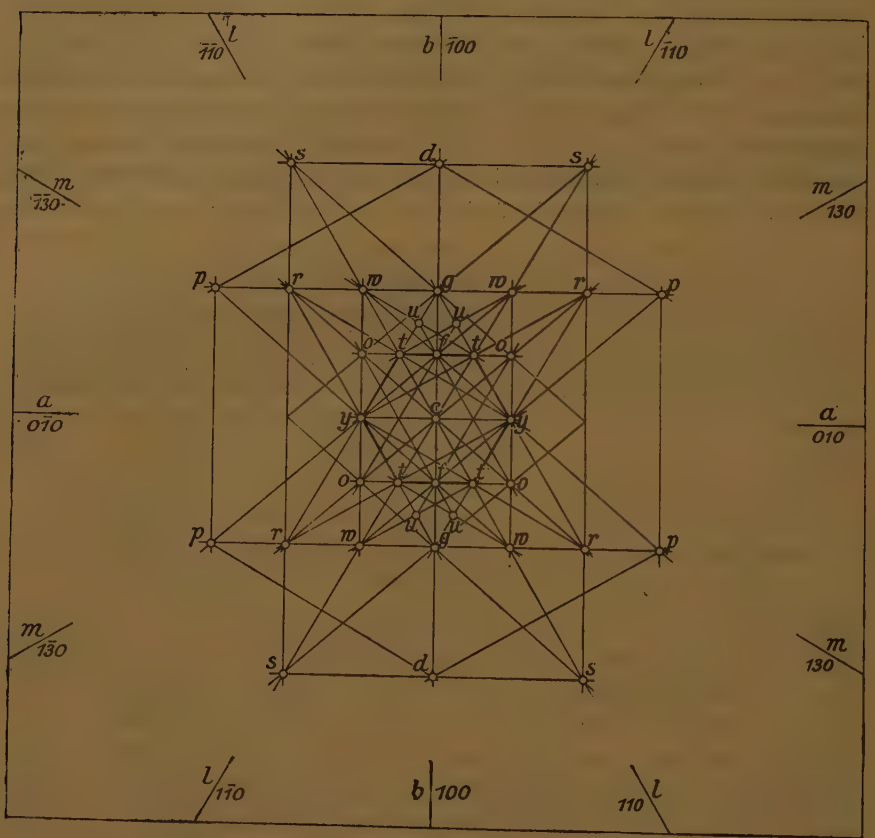
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $a = 0{,}5822$ | $\lg a = 9{,}76510$ | $\lg a_0 = 0{,}01606$ | $\lg p = 9{,}98394$ | $a_0 = 1{,}0377$ | $p_0 = 0{,}9637$ |
| $c = 0{,}5611$ | $\lg c = 9{,}74904$ | $\lg b_0 = 0{,}25096$ | $\lg q = 9{,}74904$ | $b_0 = 1{,}7822$ | $q_0 = 0{,}5611$ |

## Winkeltabelle.

| Buchstab. | Symbol Gdt. | Hlaw. | Pal. | $\varphi$ | $\varrho$ | $\xi_0$ | $\eta_0$ | $\xi$ | $\eta$ | $x:y$ für Prisma $x$ | $y$ | $d$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $c$ | 0 | 001 | 001 | $\infty$ | 0° 0′ | 0° 0′ | 0° 0′ | 0° 0′ | 0° 0′ | 0 | 0 | 0 |
| $a$ | 0∞ | 010 | 100 | 0° 0′ | 90 0 | 0 0 | 90 0 | 0 0 | 90 0 | 0 | $\infty$ | $\infty$ |
| $b$ | ∞0 | 100 | 010 | 90 0 | » | 90 0 | 0 0 | 90 0 | 0 0 | $\infty$ | 0 | $\infty$ |
| $m$ | ∞3 | 130 | 110 | 29 47,5 | 90 0 | 90 0 | 90 0 | 29 47,5 | 60 12,5 | 0,5725 | $\infty$ | $\infty$ |
| $l$ | $\infty$ | 110 | 130 | 59 47,4 | » | » | » | 59 47,4 | 30 12,6 | 1,1717· | $\infty$ | $\infty$ |
| $f$ | $\frac{1}{2}0$ | 102 | 012 | 90 0 | 25 43,6 | 25 43,6 | 0 0 | 25 43,6 | 0 0 | 0,4818· | 0 | 0,4818· |
| $g$ | 10 | 101 | 011 | » | 43 56,4 | 43 56,4 | » | 43 56,4 | » | 0,9637 | 0 | 0,9637 |
| $d$ | 20 | 201 | 021 | » | 62 34,7 | 62 34,7 | » | 62 34,7 | » | 1,9274 | 0 | 1,9274 |
| $y$ | 01 | 011 | 103 | 0 0 | 29 17,8 | 0 0 | 29 17,8 | 0 0 | 29 17,8 | 0,0000 | 0,5611 | 0,5611 |
| $t$ | $\frac{1}{2}$ | 112 | 136 | 59 47,4 | 29 8 | 25 43,6 | 40 5,1 | 20 14,2 | 37 10,2 | 0,4818· | 0,2805· | 0,5576 |
| $w$ | 1 | 111 | 133 | » | 48 7 | 43 56,4 | 29 17,8 | 40 $2\frac{3}{3}$ | 22 0 | 0,9637 | 0,5611 | 1,1151 |
| $s$ | 2 | 221 | 263 | » | 65 51 | 62 34,7 | 48 17,7 | 52 3 | 27 20 | 1,9276 | 0,1222 | 2,2303 |
| $o$ | $\frac{1}{2}1$ | 122 | 236 | 40 39,2 | 36 29,2 | 25 43,6 | 29 17,8 | 22 47 | 26 49 | 0,4818· | 0,5611 | 0,7396 |
| $r$ | 12 | 121 | 233 | » | 55 56,4 | 43 56,4 | 48 17,7 | 32 40 | 38 $36\frac{1}{3}$ | 0,9637 | 1,1222 | 1,4792 |
| $p$ | 13 | 131 | 111 | 29 47,5 | 62 43,6 | » | 59 17,2 | 26 12,4 | 50 $28\frac{1}{3}$ | 0,9637 | 1,6833 | 1,9397· |
| $v$ | $\frac{1}{2}\frac{3}{2}$ | 132 | 112 | » | 44 7 | 25 43,6 | 40 5,1 | 20 14,2 | 37 10,2 | 0,4818· | 0,8416· | 0,9698 |
| $u$ | $\frac{3}{4}\frac{1}{4}$ | 314 | 1.9.12 | 79 1 | 36 21,8 | 35 51,5 | 7 59,1 | 35 35,6 | 6 $29\frac{1}{6}$ | 0,7227· | 0,1402· | 0,7362· |

ja die Buchstabenzeichen nicht nur den Zweck haben, eine kürzere Bezeichnung zu ermöglichen, sondern auch eine von der jeweiligen Aufstellung unabhängige, wodurch ein späterer Vergleich der Formen wesentlich erleichtert wird.

Zu der Winkeltabelle auf S. 207 sei bemerkt, daß dieselbe nach den neuen Elementen berechnet wurde; Palaches Winkel ergeben sich leicht als Complemente von $\varphi$ und durch Vertauschung von $\xi_0$ und $\eta_0$ bezw. $\xi$ und $\eta$.




Auf einer anderen Stufe, welche von der mineralogisch-petrographischen Abteilung Ende vorigen Jahres erworben wurde, und welche von der Veta Madre, Guanajuato, stammt, befinden sich neben Amethyst, Calcit (mit fast allein ausgebildetem Rhomboëder $\{08\bar{8}7\} = \{55\bar{3}\}$) und braunen, noch unbestimmten Büscheln auch zahlreiche, nach $c$ tafelige Krystalle von Prehnit. Dieselben sind insofern von Interesse, als die Basis größtenteils durch flache Domen wechselnder Poldistanz (2°—7°, im Mittel 4°54′) ersetzt ist, was ungefähr einer Fläche $\{108\}$ nach Strengs Aufstellung entspricht; daß

ferner den Flächen $n$ und $v$ ähnliche wohl vorhanden waren, von der berechneten Position jedoch um mehr als $1^0$ abwichen, so daß dieselben näher den als $i$ und $k$ bezeichneten, am Prehnit bisher nicht beobachteten Flächen $\{203\}$ und $\{403\}$ liegen (gem. $\varrho = 24^056'$, ber. $23^058'$; bezw. $43^07'$ und $45^0\,0'$).

Die Fläche $k$ war übrigens gekrümmt und matt, sodaß sie Reflexe über das ganze zwischen $k$ und $n$ gelegene Intervall gab. Diese Krystalle sind genauer in Tschermaks Min.-petr. Mitteil. (Mitteil. der Wiener Min. Ges., Vers. v. 14. Febr. 1910) beschrieben.

Verfasser dankt an dieser Stelle dem Director der Abteilung, Herrn Regierungsrat Prof. Dr. Berwerth, aufs beste für die Erlaubnis, die erwähnten Stücke für die krystallographischen Untersuchungen zu verwenden.

# XII. Auszüge.

**1. L. Duparc** und Frl. **Kouropatwinska** (in Genf): **Über die Stabilität und Labilität der isomorphen Körper** (Arch. d. Sc. phys. et nat. 1908, 25, 295).

Calcit und Aragonit, welche vorher genau analysiert worden waren, wurden drei Stunden lang bei einer Temperatur von 60° mit Lösungen von Alkalichloriden behandelt; hierbei wurde Aragonit immer stärker angegriffen als Calcit; letztere Modification des $CaCO_3$ ist also beständiger als die erstere.

Ref.: F. Stöber.

**2. Bieler-Chatelan** (in Losen): **Über den Dimorphismus des Schwefels** (Ebenda 508—509).

Der aus alkoholischen Lösungen von Alkalipolysulfiden (Schwefelleber) ausgefallene Schwefel krystallisiert in zwei verschiedenen Formen: Zunächst in langen, glänzenden, fast farblosen oder nur schwach gelblich gefärbten Blättchen und zuletzt in gelben rhombischen Pyramiden, welche zuweilen die monoklinen Blättchen bedecken; diese monoklinen Blättchen sind leicht löslich in Schwefelkohlenstoff und anfangs durchsichtig, werden aber infolge molekularer Condensation langsam undurchsichtig und auch stärker lichtbrechend; der silberartige Glanz derselben läßt vermuten, daß sie eine Schwefelmodification bilden, welche dem von Gernez durch Diffusion einer Lösung von Natriumhyposulfit in eine Lösung von saurem Kaliumsulfat erhaltenen, monoklinen, sogenannten »Perlmutterschwefel« analog ist.

Ref.: F. Stöber.

**3. G. Cesàro** (in Lüttich): **Tellur aus den Gruben von Balia (Kleinasien)** (Bull. de la Classe d. Sc. de l'Acad. Roy. de Belg. 1908, 255—257).

Auf einer Stufe aus den Gruben von Balia fand der Verf. eine 3 cm lange und 2 cm dicke, aus parallel gestellten Tellurdendriten zusammengesetzte Krystallmasse; dieselbe ist mit Quarz durchwachsen; die Tellurkrystalle zeigen die Combination $\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $\{100\}$.

Ref.: F. Stöber.

**4. Derselbe: Doppelbrechung des Adulars, des Sanidins, des Thomsonits, des Willemits, des Mikrosommits und des Thomsenoliths** (Ebenda 619—650).

Der Verf. hat die Doppelbrechung verschiedener, zum Teil optisch ungenügend untersuchter Mineralien bestimmt.

**Adular.** Vier Spaltungsplättchen nach (001) ergaben:

$$\gamma - \alpha = 0{,}0051, \quad = 0{,}0052, \quad = 0{,}0052, \quad = 0{,}0053,$$

sodaß also im Mittel $\gamma - \alpha = 0{,}0052$ und nicht $\gamma - \alpha = 0{,}007$ zu setzen ist.

**Sanidin** vom Vesuv. An drei nach (010) tafelförmigen Kryställchen wurde bestimmt:

$$\begin{array}{lll} \beta - \alpha = 0{,}0042, & = 0{,}0043, & = 0{,}0047 \\ 0{,}0043 & & 0{,}0047 \\ & & 0{,}0046 \end{array}$$

Als Mittel kann also $\beta - \alpha = 0{,}0045$ angenommen werden.

**Thomsonit.** Der Verf. hat früher am Thomsonit das neue Prisma {9.10.0} gemessen und glaubt, daß dieses Prisma das wirkliche Prisma des Thomsonits ist, während das gewöhnlich als solches angegebene Prisma von ca. 90° von zwei gleichen Flächen zweier, unter 90° nach einer Verticalfläche einander durchkreuzender Krystalle gebildet wird, oder daß unter dem Namen »Thomsonit« zwei nahestehende Substanzen verwechselt werden; er hat Krystalle von vier verschiedenen Fundorten untersucht:

Tirol (Pufler Loch). Kleine nach {010} abgeplattete Täfelchen mit den Formen {010}, {110}, {111}, {011}, {001}; gem. $(110):(1\bar{1}0) = 90^0$ ca.

Doppelbrechung: zwei Lamellen ergaben im Mittel $\beta - \alpha = 0{,}003$.

Somma. Fast durchsichtige, rechtwinkelige, leicht nach der Verticalaxe gestreckte Krystalle {001}, {100}, {010} mit schmalen {110}-Flächen; $(110):(010) = 45^0\,14'$ bis $45^0\,34'$.

Cyklopeninseln. Krystalle wie die von der Somma, aber etwas gestreckter; ein sehr gut ausgebildeter Krystall gab für die (110)-Flächen zwei Reflexe mit einem Winkelunterschiede von einigen Graden; die Basisfläche (001) desselben schien, wie man im reflectierten Lichte erkennen konnte, aus ungleichen Teilen zusammengesetzt zu sein, was für die Richtigkeit der oben ausgesprochenen Vermutung spricht. $\beta - \alpha = 0{,}0028$.

Böhmen (Kaaden). Rechtwinkelige, nach (010) abgeplattete Täfelchen; an drei Krystallen wurde gemessen: $(hk0):(010) = 47^0\,52'$, $= 47^0\,22'$, $= 47^0\,24'$; die erste Messung entspricht gut dem Prisma {9.10.0}, während für die beiden anderen das Prisma {10.11.0} oder {11.12.0} angenommen werden müßte.

Andere Krystalle, meistens die größeren, zeigten ein Prisma von 90° oder 91°.

An sechs Spaltungslamellen nach (010) wurde gefunden: $\beta - \alpha = 0{,}0029$ (im Mittel).

Die Flächen {010} spiegeln einheitlich ein, lassen aber im parallelen polarisierten Lichte erkennen, daß der Krystall aus vier Sectoren zusammengesetzt ist, deren Grenzen unter 45° gegen die Verticalaxe geneigt sind; für diese Sectoren wurde gemessen:

$$\begin{array}{llll} \beta - \alpha = 0{,}0026, & = 0{,}0025, & = 0{,}0032, & = 0{,}0033 \\ 2E = 78^0 & = 77^0 & = 86^0 & = 86^0 \end{array}$$

Zwei Platten nach (100) ergaben im Mittel $\gamma - \beta = 0{,}0096$.

Endlich wurde an einer Platte nach (001) gefunden:

$$\beta - \alpha = 0{,}0136.$$

Man kann also setzen:

$$\beta - \alpha = 0{,}003,\ \gamma - \beta = 0{,}010,\ \gamma - \alpha = 0{,}013 \text{ oder auch}$$
$$\beta - \alpha = 0{,}003,\ \gamma - \beta = 0{,}011,\ \gamma - \alpha = 0{,}014.$$

Die in zweiter Reihe stehenden Werte stimmen gut mit den von Des Cloizeaux erhaltenen Resultaten.

Schottland. Stengelige Massen, welche gute Spaltplättchen nach (010) geben. $\beta - \alpha = 0{,}0026$; $\gamma - \alpha = 0{,}0127$, $= 0{,}0134$, $= 0{,}0133$; $2E = 82^0$.

**Willemit** (Moresnet). Vier Messungen der Doppelbrechung ergaben im Mittel $\varepsilon - \omega = 0{,}027$ und vier Messungen der Brechungsexponenten nach der Chaulnes'schen Methode $n = 1{,}7$.

**Mikrosommit.** An zwei Krystallen wurde bestimmt: $\varepsilon - \omega = 0{,}0072$, $= 0{,}0068$, also im Mittel $\varepsilon - \omega = 0{,}007$.

**Thomsenolith** (Grönland). Nach der Chaulnes'schen Methode wurde als mittlerer Brechungsexponent gefunden: $n = 1{,}45$ und da nach Dana $2E_{Na} = 69^0\,36'$, so wird $V = 23^0\,11'$.

Für die Doppelbrechung $X_p$ in der Ebene (001) und $X_m$ in der Ebene (110) wurde im Mittel aus Messungen an zwei Krystallen gefunden:

$$X_p = 0{,}0048,\quad X_m = 0{,}0042.$$

Daraus berechnet sich nach der Formel $X = B \cdot \sin\vartheta \sin\vartheta'$, in der $B$ die maximale Doppelbrechung $\gamma - \alpha$ und $\vartheta$, $\vartheta'$ die Winkel sind, welche die Normale der Fläche, deren Doppelbrechung $X$ ist, mit den opt. Axen bildet:

$$B = \gamma - \alpha = 0{,}0076 \text{ für } X_p, \text{ und } B = \gamma - \alpha = 0{,}0074 \text{ für } X_m,$$

also im Mittel $\gamma - \alpha = 0{,}0075$.

Die Auslöschungsrichtungen auf den Prismenflächen bilden mit der Verticalaxe einen Winkel von $36^0$ bis $38^0$. Die Beobachtungen im parallelen und convergenten polarisierten Lichte zeigen ferner, daß die spitze Bisectrix nicht, wie Dana angibt, im spitzen, sondern im stumpfen Winkel $\beta$ liegt.

Ref.: F. Stöber.

**5. F. Bordas** (in Paris): **Beitrag zum Studium der Bildung gewisser Edelsteine aus der Familie der Korunde** (Compt. rend. des Séances de l'Acad. d. Sc., Paris **1908**, **146**, 21—24).

Die künstlich (durch Radiumbestrahlung) oder natürlich gelb gefärbten Korunde (orientalische Topase) werden durch vierstündiges Erhitzen auf $300^0$ vollkommen entfärbt.

Sapphire erhalten durch Radiumbestrahlung eine grüne Färbung, indem die durch die Bestrahlung entstehende gelbe Farbe mit der natürlich vorhandenen blauen Färbung sich zu grün combiniert; die natürlich grüngefärbten Korunde (orientalische Smaragde) sind wohl Sapphire, die durch die Radioactivität der Gesteine ihre grüne Färbung erhielten.

Was die bei der Radiumbestrahlung wirksamen Strahlen angeht, so können die $\alpha$-Strahlen nicht in Betracht kommen, weil sie die Wandung der Glasröhre, in der sich das Radium befindet, nicht zu durchdringen vermögen; ferner konnte der Verf. nachweisen, daß die den Kathodenstrahlen analogen $\beta$-Strahlen ebenfalls keine Wirkung auf die Korunde ausüben; dagegen sind die den Röntgenstrahlen analogen $\gamma$-Strahlen sehr wirksam.

Ref.: F. Stöber.

**6. A. Lacroix** (in Paris): **Über das Vorkommen von krystallisiertem Fluornatrium als Gesteinselement in den Nephelinsyeniten der Los-Inseln** (Compt. rend. des Séances de l'Acad. d. Sc., Paris 1908, 146, 213—216).

In fein- und mittelkörnigen Nephelinsyeniten von den Los-Inseln (Guinea-Küste, gegenüber Conakry) beobachtete der Verf. bis 3 mm große, dunkelviolett oder hellkarminrot gefärbte Flecken, welche nach der qualitativen Analyse höchstwahrscheinlich aus $NaF$ bestehen.

Das Mineral scheint tetragonal zu sein, nähert sich aber sehr dem regulären Systeme; es spaltet rechtwinkelig nach drei Flächen; die vollkommenste Spaltung nach (001) gibt prachtvoll karminrote, nichtpleochroïtische, einfachbrechende Blättchen, welche aber im convergenten Lichte kein Axenbild zeigen; die Blättchen der anderen Spaltungsrichtungen (nach {100}) sind stark pleochroïtisch: goldgelb ‖ der $c$-Axe und karminrot nach der dazu senkrechten Richtung.

Die Doppelbrechung ist sehr schwach; Brechungsexponent $n_{Na} = 1{,}328$, also niedriger als der aller anderen Mineralien. Spec. Gewicht 2,79.

Dieses neue Mineral ist vermutlich verschieden von dem regulär krystallisierenden $NaF$; der Verf. nennt es »Villiaumit«.

Ref.: F. Stöber.

**7. J. Thoulet** (in Nancy): **Über das vermutliche Vorkommen von mikroskopischen Diamantkrystallen im Meeresboden und in der Humuserde** (Ebenda 351—352).

In einer Meeresbodenprobe aus dem Meerbusen von Gascogne (46° 50′ n. Br.; 7° 31′ w. L. von Paris; Tiefe 500 m) fand der Verf. kleine, durchsichtige, einfach und stark brechende, anscheinend regulär krystallisierende Körnchen von 0,2 bis 0,6 mm.

Ganz ähnliche Körnchen von 0,3 bis 0,37 mm fand er auch in einer Probe Humuserde von dem über Maxéville (Vorstadt von Nancy) gelegenen Hochplateau.

Diese Körnchen scheinen dem Verf. Diamant zu sein; sie wären dann kosmischen Ursprunges. Erneute Analysen größerer Mengen derselben Humuserde, ebenso wie solche von Meeresbodenproben, welche ganz in der Nähe des oben angegebenen Fundpunktes genommen waren, blieben erfolglos.

Ref.: F. Stöber.

**8. A. Duboin** (in Grenoble): **Über die Anwendung einer allgemeinen Methode zur Darstellung von Fluorverbindungen und Silicaten auf das Thoroxyd** (Ebenda 489—491).

Fluorthor. Wird in einem mit Chlorkalium ausgefütterten Platintiegel ein inniges Gemenge von 1 Mol. Thorsulfat mit 4 Mol. Fluorkalium geschmolzen, so bilden sich an den oberen Tiegelwandungen glänzende Krystalle von Fluorthor, welche sich durch Auswaschen mit Wasser isolieren lassen; das Chlorkalium kann durch ein Gemenge von 1 Mol. $KCl$ und 1 Mol. $NaCl$ und das Fluorkalium durch eine entsprechende Menge von Fluornatrium ersetzt werden. Das so erhaltene Fluorthor bildet gestreckte, einfach brechende Krystalliten, deren Form nicht bestimmbar war; es schmilzt bei heller Rotglut, wird von concentr. $H_2SO_4$ nicht angegriffen, wohl aber von verdünnter $H_2SO_4$, sowie von $HCl$.

Thoroxyd. Wird das Fluorthor mit kohlensaurem Natrium geschmolzen, so bilden sich durchsichtige Krystalle von Thoroxyd.

Kaliumthorsilicat $K_2O.Th_2O.2SiO_2$. In einen Platintiegel wird Fluorkalium geschmolzen und dann in die geschmolzene Masse zunächst Kieselsäure und zuletzt Thoroxyd eingetragen; es bilden sich so auf dem Boden und an den Wänden des Tiegels Krystalle, welche sich durch Auswaschen mit Wasser und Behandlung mit schweren Lösungen isolieren lassen. Diese Krystalle sind monoklin oder rhombisch, stark doppeltbrechend, optisch negativ und haben einen großen Axenwinkel. Sie bilden pseudohexagonale Durchwachsungszwillinge, ähnlich wie der Aragonit; spec. Gewicht 4,44. Säuren zersetzen dieselben sehr leicht. Die chemische Zusammensetzung ist: $SiO_2$ 25,08, $ThO_2$ 55,28, $K_2O$ 19,64, mit der die Analysenresultate gut übereinstimmen.

Ref.: F. Stöber.

**9. P. Gaubert** (in Paris): **Über den schraubenartigen Aufbau** (Compt. rend. des Séances de l'Acad. d. Sc., Paris 1908, **146**, 829—831).

Schmilzt man eine kleine Menge Cholesterin auf einem Objectträger und legt auf die geschmolzene Substanz unter Druck ein Deckglas, so daß die Flüssigkeitsschicht möglichst dünn wird, so krystallisiert alles Cholesterin in Sphärolithen; der Versuch gelingt besonders dann sehr gut, wenn man das Schmelzen und Erkaltenlassen mehrere Male wiederholt. Die so gebildeten Sphärolithen sind von zweierlei Art: in der einen sind die Krystallteilchen, welche gleiche optische Orientierung besitzen, auf concentrischen Kränzen angeordnet, in der anderen dagegen auf Spiralen, welche gewöhnlich linksdrehend sind; die eigentliche schraubenartige Aufrollung der Fasern ist bei beiden Arten von Sphärolithen gewöhnlich linksdrehend und geschieht um die stumpfe Bisectrix a, welche zu der Richtung der Fasern parallel ist.

Ferner konnte der Verf. beobachten, daß der Schraubengang der Sphärolithen, welche sich aus einer Schmelze von Cholesterin mit Santonin bilden, nicht allein von der Santoninmenge, sondern auch von der Geschwindigkeit der Krystallisation, also von der Temperatur abhängt, bei der die Krystallisation vor sich geht.

Ref.: F. Stöber.

**10. Ph. Barbier** (in Lyon): **Über einen neuen Glimmer der Paragonitgruppe** (Ebenda 1220—1221).

Auf Mineralstufen von Mesvres (Tal des Mesvrin bei Autun) findet sich ein schöner, silberschillernder Glimmer mit Perlmutterglanz, der auf den ersten Blick dem Muscovit täuschend ähnlich sieht; beim Glühen gibt er 4,60 % $H_2O$; die geglühte Substanz hat folgende Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 49,18 |
| $Al_2O_3$ | 36,56 |
| $Fe_2O_3$ | 2,19 |
| $K_2O$ | 3,12 |
| $Na_2O$ | 7,63 |
| $Li_2O$ | 1,26 |
| | 99,94 |

Dieser Glimmer nähert sich seiner Zusammensetzung nach dem Paragonit, hat aber durchaus nicht die äußeren Kennzeichen dieses Minerals, sondern vielmehr diejenigen eines Muscovits; andererseits aber kann er auch wegen seines

hohen Lithiumgehaltes nicht als Muscovit angesprochen werden. Es liegt ein lithiumhaltiger Paragonit vor; der Verf. gibt ihm den Namen Hallerit (zu Ehren des bekannten Pariser Chemikers Haller).

Ref.: F. Stöber.

**11. Ph. Barbier** (in Lyon): **Über ein chemisches Unterscheidungsmerkmal zwischen Orthoklas und Mikroklin** (Compt. rend. des Séances de l'Acad. d. Sc., Paris 1908, **146**, 1330—1332).

**Derselbe: Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Kalifeldspäte** (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1908, **31**, 152—167).

Der Verf. hat 25 Orthoklase und 20 Mikrokline sehr verschiedener Fundorte sehr sorgfältig spectroskopisch untersucht und gefunden, daß die Orthoklase immer entweder Lithium oder Rubidium, zuweilen auch beide Metalle zusammen enthalten, während die Mikrokline immer frei von Lithium und Rubidium sind; er schließt daraus, daß der Orthoklas eine selbständige Mineralart ist, welche durch ihr Krystallsystem und einen kleinen Gehalt an Lithium oder Rubidium charakterisiert ist.

Ref.: F. Stöber.

**12. P. Gaubert** (in Paris): **Über die flüssigen Krystalle der Äthersalze des Ergosterins** (Compt. rend. des Séances de l'Acad. d. Sc., Paris 1908, **147**, 498—500).

Der Verf. hat untersucht, ob das von Tanret entdeckte Ergosterin, welches eine Specialart des Cholesterins darstellt, auch die merkwürdigen, von O. Lehmann studierten, physikalischen Eigenschaften des Cholesterins zeigt und gefunden, daß die Äther des Ergosterins, ebenso wie die Äther des Cholesterins eine flüssige, doppeltbrechende Phase haben, daß dieselbe aber, wenigstens für die propionsauren und essigsauren Salze des Ergosterins, ziemlich schwierig zu beobachten ist; daß die Ergosterinäther zähflüssiger und deshalb auch besser individualisiert sind als die entsprechenden Verbindungen des Cholesterins; daß Cholesterin, Ergosterin und Fongisterin mit Orcin zusammen geschmolzen je eine neue, noch nicht untersuchte Verbindung liefern, die eine krystallinische Flüssigkeit gibt; daß das Ergosterin und auch das Fongisterin keine Sphärolithen mit schraubenartigem Aufbau bilden, wenn man sie auf einem Objectträger schmilzt, mit einem Deckglase bedeckt und dann durch Erkalten krystallisieren läßt. Mit Hilfe dieser letzteren Erscheinung kann man die beiden genannten Körper leicht von Cholesterin und Phytosterin unterscheiden.

Ref.: F. Stöber.

**13. Derselbe: Über eine der Ursachen, welche die herrschenden Krystallformen modificieren, und über die festen Lösungen** (Ebenda 632 bis 635).

Setzt man geringe Mengen verschiedener Alkohole (Äthyl-, Methyl-, Propylalkohol), von Glycerin, von Aldehyd usw. zu heißen Pthalsäurelösungen, so bilden sich durch Erkaltenlassen dieser Lösungen Krystalle, deren Form stark von derjenigen der aus reinen Lösungen gebildeten Krystalle abweicht.

Die Krystalle sind prismatisch durch die starke Entwickelung von {210} und tragen an den Enden die Flächen {$\bar{2}$12}; {010} fehlt vollständig oder ist nur schwach entwickelt. Diese Formänderung wird nach der Ansicht des Verfs. dadurch hervorgerufen, daß der sich bildende Krystall kleine Mengen des Lösungsgenossen einlagert; die sorgfältige Analyse ergab:

| Alkohol in der Mutterlauge: | Alkohol in den Krystallen: | Alkohol in der Mutterlauge: | Alkohol in den Krystallen: |
|---|---|---|---|
| 0,95 | 0,0025 | 0,08 | 0,00080 |
| 0,60 | 0,0020 | 0,07 | 0,00077 |
| 0,30 | 0,0012 | 0,06 | 0,00071 |
| 0,20 | 0,0011 | 0,05 | 0,00061 |
| 0,15 | 0,0010 | 0,03 | 0,0002 |
| 0,10 | 0,00088 | 0,02 | 0,0001 |
| 0,09 | 0,00085 | | |

Der durch die Analyse in den Krystallen nachgewiesene Alkohol kann nicht allein von mechanischen Einschlüssen herrühren, denn in diesem Falle müßte der Alkoholgehalt in der Flüssigkeit und den Krystallen proportional sein, was nicht der Fall ist.

Methylenblau in einer schon mit Äthylalkohol versetzten Phtalsäurelösung verhindert die Ausbildung der sonst gut entwickelten {210}-Flächen und fördert die Entwickelung der {010}-Flächen; in diesem Falle enthält der Krystall viel weniger Alkohol als in den Fällen, wo der Lösungsgenosse Methylenblau fehlt; die Entwickelung der Form {210} scheint also durch die Alkoholabsorption bedingt zu sein.

Ref.: F. Stöber.

**14. P. Gaubert** (in Paris): **Über die Formentracht der natürlichen Krystalle** (Compt. rend. des Séances de l'Acad. d. Sc., Paris 1908, 147, 1483 bis 1485).

Der Verf. glaubt aus seinen Versuchen schließen zu dürfen, daß unter allen Factoren, welche den Habitus der Krystalle beeinflussen, in erster Linie die Wachstumsgeschwindigkeit und die Lösungsgenossen zu nennen sind; bilden sich die Krystalle sehr rasch, so treten nur sehr wenige einfache Formen auf, die sogenannten »Fundamentalformen«; erst wenn die Krystallisationsgeschwindigkeit geringer wird, kommen auch die untergeordneten Flächen zum Vorschein und der Krystall wird dann complicierter. Sind Lösungsgenossen vorhanden, so werden diese in sehr geringen Mengen aufgenommen, und da die Aufnahmefähigkeit der Krystalle in den verschiedenen Richtungen verschieden ist, so üben auch die Lösungsgenossen einen großen Einfluß auf die Ausbildung der Krystalle aus; die Tatsache, daß verschiedene Lösungsgenossen in verschiedenen Mengen eingelagert werden, beweist, daß die Gitterstructur nicht maßgebend für die Aufnahme der Fremdkörper ist, sondern daß vielmehr die Krystallpartikel das bedingende Element bilden, und das bietet uns ein Mittel, die Symmetrie der Krystallpartikel zu studieren.

Diese an künstlichen Krystallen gesammelten Erfahrungen lassen sich direct auf die natürlich gebildeten Krystalle übertragen und gestatten den Ursprung und die Bildungsbedingungen ihrer Formentracht näher zu untersuchen. Beispiele, die das Gesagte illustrieren, sind: Gyps, welcher sich aus reinen Lösungen in Form vertical gestreckter, nach {010} tafelförmiger Krystalle {010}, {110}, {$\bar{1}$01} ausscheidet, während aus Lösungen, die mit Methylenblau versetzt sind, sich Krystalle absetzen, die nach der $a$-Axe oder (bei stärkerer Aufnahme des Farbstoffes) nach der $b$-Axe gestreckt sind; Pyrit und Bleinitrat, welche in identischen Formen (Oktaëder und Würfel) auftreten; das Bleinitrat setzt sich aus reinen Lösungen in vollkommenen Oktaëdern ab, aber aus Lösungen, welche Methylenblau oder Methylblau enthalten, bilden sich Würfel, die die Streifung

der Pyritwürfel zeigen, und an denen auch, wenn die Menge der Lösungsgenossen gering ist, Hemiëderflächen von {210} auftreten; daraus läßt sich der Schluß ziehen, daß auch beim Pyrit das Auftreten von Würfeln mit der charakteristischen Streifung auf den Einfluß der Lösungsgenossen zurückzuführen ist.

Ref.: F. Stöber.

**15. G. Friedel** (in Saint-Etienne): **Bemerkungen über die mittleren Indices der Krystallarten** (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1908, 31, 5—40).

Sind $a:b:c$, $\alpha$, $\beta$, $\gamma$ die geometrischen Constanten eines triklinen Krystalles; $\Sigma_x p$, $\Sigma_x q$, $\Sigma_x r$, die Summen der ersten, zweiten, dritten Indices aller Flächen $(p\,q\,r)$, deren erster (der auf die $x$-Axe bezügliche) Index positiv und $> 0$ ist; $\Sigma_y p$, $\Sigma_y q$, $\Sigma_y r$ und $\Sigma_z p$, $\Sigma_z q$, $\Sigma_z r$ die analog für die $y$-Axe, resp. $z$-Axe gebildeten Summen, so läßt sich, wie der Mathematiker Alf. Liénard (Saint-Etienne) erkannt hat, zeigen, daß in den Fällen, in welchen das Bravaissche Gesetz über die Flächenentwickelung strenge Gültigkeit hat, folgende Beziehungen bestehen:

$$(1)\qquad \frac{\Sigma_x p}{a} = \frac{\Sigma_y q}{b} = \frac{\Sigma_z r}{c};$$

$$(2)\qquad \begin{cases} \cos\alpha = \dfrac{\Sigma_y r}{\Sigma_z r} = \dfrac{\Sigma_z q}{\Sigma_y q}, \\ \cos\beta = \dfrac{\Sigma_z p}{\Sigma_x p} = \dfrac{\Sigma_x r}{\Sigma_z r}, \\ \cos\gamma = \dfrac{\Sigma_x q}{\Sigma_y q} = \dfrac{\Sigma_y p}{\Sigma_x p}. \end{cases}$$

Für die nicht triklinen Krystalle werden die Summen in analoger Weise gebildet, aber mit Innehaltung bestimmter Regeln, die sich aus der Symmetrie des betreffenden Krystallsystems ergeben und vom Verf. erörtert werden.

Das in den Beziehungen (1) und (2) ausgesprochene Gesetz nennt der Verf. das »Gesetz der mittleren Indices«; zur Prüfung desselben hat er es auf ungefähr 90 krystallisierte Substanzen (18 hexagonale, 17 tetragonale, 39 rhombische, 9 monokline und 6 trikline) angewandt und in den meisten Fällen eine recht gute Übereinstimmung constatieren können. Daß die Übereinstimmung in einigen Fällen nur grob, in anderen ganz unbefriedigend ist, beruht darauf, daß das Bravaissche Gesetz nicht allein die Formenentwickelung bedingt, daß die Formenreihe gewisser Krystalle sehr arm ist, daß einzelne der angegebenen Formen unrichtig bestimmt sind usw. Bemerkenswert ist, daß das Gesetz der mittleren Indices nur die Existenz einer Fläche, nicht ihre Bedeutung für den Krystallhabitus in Betracht zieht; daß die weniger stark entwickelten secundären Flächen, deren Indices häufig verhältnismäßig hohe Werte erreichen, einen größeren Einfluß auf die aus dem Gesetze sich ergebenden Zahlen ausüben als die wichtigen Hauptflächen mit den sehr einfachen Symbolen; daß die Beziehungen (1) und (2) in den Grenzen der erreichbaren Genauigkeit von der Wahl der geometrischen Constanten unabhängig sind.

Bezüglich der Zahlenergebnisse muß auf die Originalarbeit verwiesen werden.

Ref.: F. Stöber.

**16. A. Lacroix** (in Paris): **Über das Chlornatrium der Oase von Bilma** (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1908, **31**, 40—43).

In der ungefähr 500 km² großen, in der östlichen Sahara, südwestlich von Tripolis gelegenen Oase Bilma springen salzhaltige Quellen, aus denen in Salzgärten große Mengen Salz gewonnen werden; die krystallinischen Massen, welche so erhalten werden, haben wechselnde Zusammensetzung; die vom Verf. untersuchten Stufen ergaben 82% $NaCl$, 9,8 $Na_2SO_4$, 2,6 $Na_2CO_3.NaHCO_3.2H_2O$. Die Halitkrystalle sind bis 2 mm groß und zeigen die Combination {100}, {111}; ihre Flächen sind eben, und die treppenförmigen Skelettbildungen fehlen vollständig; diese seltene Form der durch Verdunstung erhaltenen Krystalle ist wohl auf das Vorhandensein der anderen Natriumsalze als Lösungsgenossen zurückzuführen.

Ref.: F. Stöber.

**17. Derselbe: Über einige Vanadate der Umgegend von Saïda (Oran)** (Ebenda 44—46).

In einem spätigen Dolomit, welcher in Form von Adern den derben Dolomit des mittleren Jura in der Nähe von Saïda durchsetzt, finden sich Nester von Bleiglanz, der zum Teil in schwarzen Cerussit umgesetzt ist und durch Auflösung gebildete Hohlräume enthält, auf deren Wandungen Dolomitrhomboëder und Krystalle von Vanadinit, Endlichit und Descloizit aufgewachsen sind. Cerussit zeigt sich seltener in diesen Hohlräumen, ebenso wie Calcit, der als letzte Bildung auftritt.

Die Vanadate sind in ihrem Aussehen und in ihrem Vorkommen denen von Lake Valley, welche Genth und vom Rath untersucht haben, sehr ähnlich. Der Endlichit bildet lange, blaßgelbe geriefte Stäbchen, Vanadinit dagegen meistens nur kurze, bis 5 mm große, durchscheinende, gelb oder gelbbräunlich gefärbte Krystalle $\{10\bar{1}0\}, \{0001\}$ oder $\{10\bar{1}0\}, \{10\bar{1}2\}, \{11\bar{2}1\}, \{21\bar{3}1\}$.

Durchsichtige Vanadinitkrystalle der Form $\{10\bar{1}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{20\bar{2}1\}$ kommen auch vor, sind aber seltener und kleiner als die anderen.

Vanadinit und Endlichit lassen sich leicht dadurch unterscheiden, daß man ihr Pulver auf einem Objectträger mit $HNO_3$ behandelt; der Vanadinit nimmt dabei eine tiefrote Färbung ($V_2O_5$) an, während Endlichit sich nur hellrot färbt.

Descloizit tritt nur in bis 2 mm großen Krystallen auf; die Hauptform ist {111}, sehr untergeordnet treten auch {110}, {130}, {012}, {132} auf. Nach der qualitativen Analyse ist er ein normaler, schwach $Cu$-haltiger Descloizit.

Ref.: F. Stöber.

**18. A. Lacroix** und **A. de Schulten** (in Paris): **Notiz über die bleihaltigen Mineralien der Schlacken von Laurium** (Ebenda 79—90).

Die bekannten, am Meere liegenden Schlackenhalden von Laurium halten in der Nähe des Meerbusens von Vryssakia zum Teil bis 15% $Pb$ in Gestalt von metallischem Blei oder nicht reduciertem Bleiglanz; andere mehr südlich gelegene Halden sind ärmer an Blei (7 bis 9%). Dieser verhältnismäßig hohe Bleigehalt der Schlacken von Vryssakia hat zur Bildung verschiedener Bleimineralien Veranlassung gegeben; die Verff. fanden: Laurionit, Paralaurionit, Penfieldit, Fiedlerit, Matlockit, Phosgenit, Cerussit, Hydrocerussit, Anglesit und ein neues Mineral, den »Georgiadesit«.

Laurionit. Älteste Bildung. Lanzettförmige, bis 1 cm lange und 4 mm

dicke, nach (010) abgeplattete Krystalle {010}, {100}, {110}, {151} (oder {141}) und rechteckige Täfelchen {010}, {100}, {110}, {012}; die Flächen {151} (oder {141}) sind gerundet; die ersteren Krystalle zeigen auch Verwachsungen mit gekreuzten Axen und zusammenfallenden {010}-Flächen.

Paralaurionit. Findet sich mit Laurionit; durchsichtige, glänzende, nach {100} tafelförmige Krystalle {100}, {001}, {110}, {111}; Zwillinge nach (100). Spaltbarkeit nach (001). Ebene der optischen Axen ∥ (010); eine optische Axe steht schief auf (100).

Penfieldit. Bis 3 cm große, nach der Verticalaxe gestreckte, hexagonale Prismen; selten mit kleinen $\{11\bar{2}1\}$-Flächen; einaxig; positiv. Findet sich nur mit Fiedlerit.

Fiedlerit. Bis 5 mm große, nach der Queraxe gestreckte oder nach (100), seltener nach (001) tafelförmige Krystalle, mit den Formen {100}, {001}, {110}, {650}, {150}, {111}, {544}, {577}, {5.24.24}, {5.12.12}; Zwillinge nach {100}. Spaltbar nach {100}. Härte etwas höher als 3. Spec. Gew. 5,88.

Chemische Zusammensetzung:

| | Gefunden: | Ber. für $2PbOHCl.PbCl_2$ |
|---|---|---|
| $Cl$ | 17,48 | 17,80 |
| $Pb$ | 51,01 | 51,95 |
| $PbO$ | 29,02 | 27,99 |
| $H_2O$ | 2,33 | 2,26 |
| | 99,84 | 100,00 |

Verliert in einem engen Rohre erhitzt sein Wasser bei 150°, schmilzt dann und gibt ein Sublimat von $PbCl_2$; von kaltem Wasser wird er angegriffen und trübt sich.

Matlockit. Findet sich auf Stücken von Holzkohle mit Laurionit, Fiedlerit, Georgiadesit; gelbe quadratische Lamellen {001}, {110}, {100}; wie sich im polarisierten Lichte zeigt, bestehen dieselben aus vier rhombischen, am Rande von großen {110}- und kleinen {100}-Flächen begrenzten Sectoren, welche durch einfachbrechende zu {110} parallel laufende Streifen getrennt sind und nach der Trace von {100} auslöschen; jeder Sector ist $\perp$ auf der spitzen negativen Bisectrix. Ebene der optischen Axen $\perp$ (100); $2E = 55^0$ ca., $\varrho < v$. Die einfachbrechenden Streifen werden durch Überlagerung zweier benachbarter Sectoren gebildet.

Andere Krystalle bilden kleine, quadratische, sehr dünne, farblose und durchsichtige Täfelchen {001}, {101}; diese sind gleichmäßig einaxig.

Phosgenit. 2 bis 3 mm große, wasserklare, stark glänzende Krystalle; kurzsäulenförmig nach der $c$-Axe, oder tafelförmig nach (001); Formen: {001}, {101}, {110}, {210}, {201}, {111}, {211}.

Georgiadesit. Letzte Bildung; findet sich nur auf einer Stufe in den Hohlräumen einer stark glasigen Schlacke. Weiße oder gelbbräunliche, bis 3 mm große, anscheinend hexagonale, in Wirklichkeit rhombische Krystalle

$$a : b : c = 0{,}5770 : 1 : 0{,}2228.$$

Die vorherrschenden Formen sind: {110}, {010}, {011}, {0.11.4}; sehr klein treten auf: {451}, {16.5.4}, {4.15.2}.

| | Gemessen: | Berechnet: |
|---|---|---|
| (110) : (010) = | *60° 1′ | — |
| (011) : (0$\bar{1}$1) | *25 7 | — |
| (011) : (0.11.4) | 18 53 | 18°56′ |
| (451) : (011) | 55 30 | 55 31 |
| (451) : (010) | 58 43 | 58 47 |
| (451) : (110) | 22 36 | 22 37 |
| (4.15.2) : (010) | 36 58 | 37 6 |
| (4.15.2) : (110) | 44 15 | 44 7 |

Ebenen der optischen Axen ‖ (100); die spitze Bisectrix ist positiv und parallel zur Verticalaxe. Winkel der optischen Axen sehr groß. Spec. Gew. 7,1. Härte $3\frac{1}{2}$.

Chemische Zusammensetzung:

| | Gefunden: | Ber. für $Pb_3(AsO_4)_2.3PbCl_2$ |
|---|---|---|
| $As_2O_3$ | 12,49 | 13,28 |
| $PbO$ | 38,86 | 38,61 |
| $Pb$ | 36,38 | 35,83 |
| $Cl$ | 12,47 | 12,28 |
| | 100,20 | 100,00 |

Wird von kaltem Wasser nicht angegriffen; löst sich leicht in $HNO_3$. Schmilzt leicht im Rohre und gibt ein Sublimat von $PbCl_2$.

Cerussit. Bernsteingelbe, 7—8 mm große, nach (010) abgeplattete und nach der $a$-Axe gestreckte, stark geriefte Krystalle mit den Formen {110}, {010}, {012}, {011}, {031}, {021}, {111}; Zwillinge nach {110} sehr häufig.

Hydrocerussit. Kleine perlmutterglänzende, hexagonale, optisch negative Lamellen.

Anglesit. Ist das seltenste der Bleimineralien von Laurium; nach der Queraxe leicht gestreckte Prismen {104}, {102}, {110}, {011} oder nach {100} abgeplattete Tafeln mit {100}, {001}, {010}, {110}, {102}, {122}.

Ref.: F. Stöber.

**19. A. Vigier** (in ?): **Über den Christianit von Rochenoire (Puy-de-Dôme)** (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1908, **31**, 142—145).

Bei Rochenoire, in der Nähe des von Michel-Lévy aufgefundenen Phillipsitvorkommens von Perrier, fand der Verf. 2 bis 3 mm lange und selten bis 1 mm dicke Phillipsitkrystalle mit den Formen {001}, {010}, {11$\bar{1}$}, {101}; diese Krystalle bilden meistens Doppeldurchkreuzungszwillinge, ähnlich wie diejenigen aus der Nähe von Marburg.

Ref.: F. Stöber.

**20. Ad. Carnot** und **A. Lacroix** (in Paris): **Über die chemische Zusammensetzung des Morinits** (Ebenda 149—152).

Die in krystallinischen Massen auftretende Varietät des von A. Lacroix[1]) aufgefundenen Morinits zeigte folgende Zusammensetzung:

---

1) Diese Zeitschr. **22**, 383.

| | | |
|---|---|---|
| $P_2O_5$ | 32,95 | 33,50 |
| $F$ | 13,00 | 13,20 |
| $Al_2O_3$ | 17,50 | 17,80 |
| $CaO$ 19,0; $Ca$ | 13,55 | 13,80 |
| $Na_2O$ | 5,10 | 5,20 |
| $Li_2O$, $MgO$, $FeO$ | Spuren | — |
| $H_2O$ | 17,60 | 17,90 |
| $H_2O$ (bei 120°) | 0,20 | — |
| $SiO_2$ | 1,50 | — |
| | 101,40 | 101,40 |

Diese Zusammensetzung führt auf die Formel $3PO_4Al.PO_4Na_2H.3CaF_2.8H_2O$, welche man auch besser schreiben kann:

$$(PO_4)_3(Al\text{-}F)_3Na_2H.PO_4(Ca\text{-}F)_3.8H_2O.$$

Der erste Teil dieser letzteren Formel besteht aus 3 Mol. Amblygonit, in denen das Lithium durch Natrium und Wasserstoff ersetzt ist, und der zweite Teil stellt ebenfalls ein Amblygonitmolekül dar, in dem aber nicht allein das Lithium, sondern auch das Aluminium eliminiert und durch das Radical $(Ca\text{-}F)$ ersetzt ist. Diese Formel zeigt also die Verwandtschaft zwischen dem Amblygonit und dem aus ihm als letztes Umwandlungsproduct entstandenen Morinit.

Ref.: F. Stöber.

**21. F. Gonnard** (in Lyon): **Über die Cordieritgruppe des Puy-de-Dôme, der Loire und der Rhone** (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1908, **31**, 171—181).

Der Verf. hat die Pinitkrystalle aus dem Mikrogranulit von Issertaux (bei Saint-Pardoux, Canton Menat) untersucht; dieselben sind verhältnismäßig sehr gut ausgebildet, bis 25 mm lang und etwa halb so dick, häufig mit parallelen Axen verwachsen, und zeigen die Formen: {110}, {100}, {130}, {010}, {001}, {201}, {021}, {111}, {7.21.8}?, {112}, {131}?.

Ein vollkommen spaltbarer Chlorophyllit vom Ufer des Vizézy, der im Inneren nach glasige, kaum von dem Zersetzungsvorgange angegriffene Schichten zeigt, hat nach der Analyse des Chemikers Ph. Barbier die Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 42,43 bis 42,66 |
| $Al_2O_3$ | 33,21 - 33,95 |
| $FeO$ | 10,58 |
| $MgO$ | 2,61 |
| $K_2O$ | 4,75 |
| $MnO$, $CaO$ | Spuren |
| Glühverlust | 6,25 |
| | 99,87. Spec. Gewicht 2,77. |

Ref.: F. Stöber.

**22. J. Deprat** (in Besançon): **Über die Zeolithe des Basaltes von Montresta (Sardinien)** (Ebenda 181—192).

In dem Basalt von Montresta finden sich in schönen Krystallen Heulandit, Mesolit, Stilbit, Chabasit, Analcim und sehr selten Thomsonit.

Heulandit. Gut entwickelte, bis 5 mm große Krystalle {010}, {001}, {101}, {10$\bar{1}$}, {110}; die Ebene der optischen Axen ist gewöhnlich $\perp$ (010)

und fast $\perp$ (001), doch im Inneren gewisser Krystalle ist diese Ebene auch fast $\parallel$ (001). $2E$ schwankt in diesem Falle zwischen 7° (im Kern) und 61° in der äußeren Zone. Spitze Bisectrix $\perp$ (010).

Chemische Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 59,00 |
| $Al_2O_3$ | 16,70 |
| $CaO$ | 8,20 |
| $Na_2O$ | 1,30 |
| $H_2O$ | 14,70 |
| | 99,90 |

Stilbit. Gelbliche, undurchsichtige, gewöhnlich garbenartig gruppierte Krystalle mit den Formen {010}, {110}, {10$\bar{1}$}, {011}. Zwillinge nach (001) sind sehr häufig. Auslöschung auf (010) 5° gegen die Trace von (001).

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 57,70 |
| $Al_2O_3$ | 17,10 |
| $CaO$ | 7,70 |
| $Na_2O$ | 0,50 |
| $H_2O$ | 17,60 |
| | 100,60 |

Chabasit. Weiße milchige oder gelbliche, durchscheinende, bis 20 mm große Rhomboëder. Durchkreuzungszwillinge häufig. Spitze Bisectrix positiv.

Mesolit. Schöne bis 4 cm große Aggregate mit strahlenförmiger, feinfaseriger Structur.

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 47,70 |
| $Al_2O_3$ | 24,10 |
| $CaO$ | 10,00 |
| $Na_2O$ | 5,80 |
| $H_2O$ | 12,41 |
| | 100,01 |

Analcim, Thomsonit. Der Analcim ist selten in gelblichen 1 mm großen Krystallen {211}; Thomsonit ist noch seltener in seidenglänzenden, warzenförmigen Bildungen von faseriger Structur.

Ref.: F. Stöber.

**28. H. Ungemach** (in Straßburg): **Krystallographische Notizen über den Baryt verschiedener Fundorte** (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1908, **31**, 192—215).

Framont (Elsaß). Der Baryt findet sich gewöhnlich zusammen mit Calcit, Dolomit und kleinen Krystallen von Eisenglanz und Kupferkies; er bildet meistens sehr dünne, tafelförmige und nach der *b*-Axe gestreckte, zu Bündeln vereinigte Krystalle; Formen: {001}, {102}, {308}, {103}, {104}, {100}, {110}, {210}, {320}, {120}, {130}, {010}, {011}, {111}, {122}. Mit Ausnahme von {103} und {308}, die etwas gewölbt sind, sind alle Formen gut ausgebildet.

Ein zweiter Baryttypus, den man aber nur sehr selten beobachtet, wird von rosafarbenen, bis 3 mm großen, auf Hämatit aufgewachsenen, tafelförmigen Kryställchen {001}, {102}, {110}, {011}, {010}, {100} gebildet, und endlich

findet sich der Baryt noch, aber ebenfalls nur sehr selten, mit Quarz und Braunspat in Form von 3—4 cm großen Krystallen {001}, {102}, {101}, {302}, {104}, {106}, {110}, {210}, {010}, {011}, {111}, {223}, {112}, {113}, {122}, {100}.

Bergheim (Elsaß). Die Krystalle dieses Fundortes wurden früher schon von Feurer untersucht[1]; der Verf. fand an einem tafelförmigen, nach der *b*-Axe gestreckten Krystalle die Formen: {001}, {104}, {102}, {101}, {100}, {320}, {210}, {010}, {011}, {111}, {112}, {113}, {115}, {100}.

Brézouard (Elsaß). Kleine rechteckige bis 3 cm große Täfelchen {001}, {102}, {011}, {010}, {110}; ein Krystall zeigte auch die Form {116}; gem.: (001) : (116) = 18°47′ (ber. 19°2′).

Steinbach (bei Thann, Elsaß). Der Baryt findet sich mit vorherrschendem Quarz als Gangmineral in den 1500 m nordöstlich von Steinbach zu Tage ausgehenden Bleierzgängen; er tritt in zwei Bildungsstufen auf; die erste, welche mit dem Bleiglanz gleichalterig zu sein scheint, besteht aus sehr großen (bis 15 cm) tafelförmigen, nach der *a*-Axe gestreckten und um die *b*-Axe rosettenförmig gruppierten Krystallen mit den Formen: {001}, {111}, {110}, {102}, {101}, {100}, {320}, {210}, {120}, {010}, {011}, {212}. Die Krystalle der zweiten Bildungsstufe sind auf kleinen Braunspatrhomboëdern aufgewachsen, klein (höchstens 3 mm), gelbgrau gefärbt, gut durchsichtig und glänzend; ihre vorherrschenden Formen sind: {001}, {110}; außerdem treten auf: {011}, {320}, {130}, {111}, {114}, {115}, {122}, {1.22.22}. Die Form {1.22.22} ist neu; sie zeigt sich in schmalen Flächen in der Zone (011) : (122); gem.: (011) : (1.22.22) = 2°32′; (011) : ($\bar{1}$.22.22) = 2°37′ (ber. 2°32′).

Grube St. Sylvester bei Urbeis (Elsaß). In einem von prachtvollen Dolomit- und Sideritkrystallen ausgekleideten Gange wurden zwei große Barytafeln gefunden; dieselben sind anscheinend von {001} und {110} begrenzt, 7 cm lang, 1 cm dick, weiß durchscheinend, zerreiblich; die Basisflächen sind von einer Schicht kleiner Krystalle {001}, {108}, {119} bedeckt.

Lubine (Franz. Wasgau). In den Kupfererzgängen von Lubine findet sich der Baryt mit Quarz als Gangmineral; in den Hohlräumen der spätigen Massen, die verhältnismäßig deutlich nach (010) spalten, finden sich kleine glänzende tafelförmige, meistens nach der *b*-Axe gestreckte Krystalle mit den Formen: {001}, {102}, {104}, {205}, {110}, {100}, {320}, {210}, {010}, {011}, {111}; außerdem zeigt sich eine gewölbte Fläche mit zwei Reflexen {308}, {7.0.20}, welche der Fläche {103} nahe stehen. {7.0.20} ist neu.

| | Gemessen: | Äußerste Werte: | Berechnet: |
|---|---|---|---|
| (001) : (205) = | 32°37′ | 32°5′—33°11′ | 32°48′ |
| (001) : (308) | 30 55 | | 31 8 |
| (001) : (7.0.20) | 29 35<br>29 26 | | 29 25 |

Flaviac (Ardèche). Die Barytkrystalle sind auf Antimonit aufgewachsen, dicktafelig nach (001), meistens wasserklar, aber dann nur klein (höchstens 6 mm); einzelne bis 2 cm große Krystalle sind gelblich gefärbt und nur wenig durchsichtig. Die vorherrschenden Formen sind: {001}, {110}, {102}, {011}, {100}, {010}; untergeordnet treten auf {111}, {113}, {210}, {320}, {230}, {130}, {101}, {313}, {212}. Die Formen {101} und {313} sind gewölbt.

1) Diese Zeitschr. 25, 623.

Cassagnoles (Gard). Meistens kleine, nur ausnahmsweise bis 2 cm große, nach {102} prismatische, durchscheinende, graugelblich gefärbte Krystalle zusammen mit körnigem Galenit; {102}, {001}, {110}, {011} herrschen vor; außerdem {101}, {100}, {130}, {010}, {111}.

Liskeard (Cornwall). Der Baryt findet sich mit wasserklaren Quarzkrystallen und warzenförmigen Krusten kleiner Pyritkrystalle auf großen Flußspatwürfeln; die Krystalle sind sehr schön, durchsichtig, hellweingelb gefärbt und bis 20 mm groß. {001}, {102}, {011} herrschen vor; außerdem {100}, {110}, {320}, {210}, {010}, {104}, {111}, {112}, {113}, {114}, {115}, {122}.

Montevecchio (Sardinien). Diese Krystalle wurden schon von Negri[1]) untersucht; der Verf. fand an seinen Krystallen immer die Form {101}, die Negri als sehr selten angibt.

Tepatitlan (Mexico). Bis 15 mm große, tafelförmige, tief weingelb gefärbte Krystalle auf Schiefer mit den Formen: {001}, {111}, {011}, {102}, {101}, {110}, {010}, {212}, {122}, {121}, {132}?, {255}?, {275}?; mit Ausnahme von {001}, {110}, {111}, {102} sind alle Formen stark gerundet, was den Krystallen ein pastillenförmiges Aussehen gibt. {255} und {275} sind neu, aber unsicher.

Los Tocayos (Sombrerete, Mexico). Bis 5 mm große, leicht grau gefärbte, wasserklare Krystalle mit Quarz auf Zinkblende; Formen: {110}, {001}, selten {111} und noch seltener {102}.

Apishapa (Colorado). Nach {102} prismatische, bis 5 cm lange und 2 cm dicke, stark durchscheinende, farblose Krystalle. Formen: {102}, {001}, {010}, {120}, {110}, {011}, {122}, {111}, {104}, {130}, {083}, {112}, {887}, {342}. Die Formen {342}, {887}, {083} sind neu.

| | Gemessen: | Berechnet: |
|---|---|---|
| (110) : (887) = | 22°47′ | 22°50′ |
| | 22 53 | |
| (001) : (083) | 74 3 | 74 5 |

{342} ist matt und unmeßbar, bestimmt sich aber durch die Zonen [(110) : (122)] und [(111) : (120)].

Ref.: F. Stöber.

---

1) Diese Zeitschr. **25**, 390.

# XIII. Über die Verwendung einer Glashalbkugel zu quantitativen optischen Untersuchungen am Polarisationsmikroskope.

Von

**Wladimir Arschinow** in Moskau.

(Mit 1 Textfigur.)

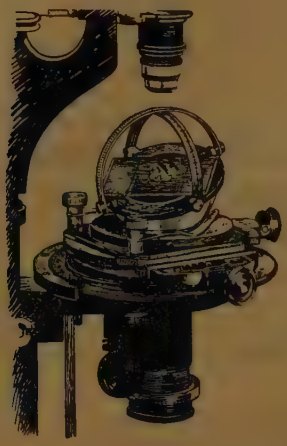
Eine kleine, in die Lichtöffnung des Mikroskoptisches einsetzbare Glashalbkugel von 30 mm Durchmesser wurde von Schroeder van der Kolk zu qualitativen optischen Untersuchungen vorgeschlagen [1]). Von ten Siethoff wurde diese Halbkugel dahin abgeändert, daß sie optische Beobachtungen auch in stark convergentem Lichte auszuführen erlaubte [2]). Verf. glaubt durch entsprechende Construction die Glashalbkugel auch für quantitative Messungen brauchbar machen zu können, und zwar kann hierbei derselbe Grad von Genauigkeit erreicht werden, mit welchem Messungen an den Universaltischen von E. v. Fedorow und C. Klein ausgeführt werden.

Zu diesem Zweck verwendet man eine etwas größere Glashalbkugel von 50—60 mm Durchmesser, oder überhaupt von einer Größe, die durch das betreffende Mikroskopmodell, an welchem man die Halbkugel zu gebrauchen wünscht, bestimmt wird. Auf der glatt geschliffenen Äquatorialfläche der Halbkugel sind zwei unter rechtem Winkel sich kreuzende Durchmesser als feine Linien eingeritzt. An eine den Rand der Äquatorialfläche umschließende Metallfassung sind ferner zwei gegeneinander drehbare und mit Gradteilung versehene, halbkreisförmige Metallreifen, die einen nur wenig verschiedenen Durchmesser haben, so angebracht, daß ihre Drehungsaxen mit den auf der Äquatorialfläche eingeritzten Durchmesserlinien zusammenfallen. Diese ca. 5 mm breiten und parallelseitigen Metallreifen sind

1) Ausz. diese Zeitschr. 1898, **29**, 401.

2) Centralbl. für Miner. usw. 1903, 657.

mit Gradteilung versehen, welche mit dem Nullpunkte im Scheitel beginnend nach beiden Seiten abwärts geht, wobei der eine Reifenquadrant die positiven, der andere die negativen Gradzahlen enthält. Sämtliche auf dem Halbkreisreifen liegende Gradpunkte müssen während einer vollen Drehbewegung des Halbkreisreifens halbe Breitenkreise beschreiben, unter denen der vom Nullpunkte beschriebene ein größter Halbbreitenkreis ist.



Ein Ebonitring, dessen Innenrand eine der Glashalbkugel entsprechende und mit Sämischleder ausgelegte Böschung hat, wird über die Lichtöffnung auf den Kreuzschlittentisch gebracht und hier durch Federklemmen oder in anderer Weise befestigt. Die in der Ringöffnung gleitende Glashalbkugel läßt sich durch Drehen aus freier Hand in jede beliebige Lage bringen, wobei der Spielraum für die Größe der Neigung nur durch die Bestandteile der Metallfassung vorgeschrieben wird.

Der zu untersuchende Krystall oder Dünnschliff wird in der Mitte auf die Äquatorialfläche der Halbkugel mit Glycerin oder Cedernöl geklebt, und zwar der Dünnschliff mit dem Objectglase nach oben. Für genauere Messungen gebraucht man Dünnschliffe ohne Deckgläschen.

Sollte die zu messende optische Richtung gegen die Äquatorialfläche sehr geneigt sein, so kann das räumliche Gesichtsfeld vergrößert werden durch Aufkleben einer kleinen, 8—15 mm im Durchmesser messenden und stark lichtbrechenden Halbkugellinse auf den Krystall oder das Objectglas, welches letztere in diesem Falle möglichst dünn und ebenfalls stark lichtbrechend gewählt wird[1]). Diese Linse muß von der geometrischen Halbkugel um die Dicke des zu messenden Krystalles resp. des Objectglases abweichen, also die Form eines Kugelsegmentes haben; zum bequemen Centrieren wird die Linse in der Mitte der Planfläche mit einem eingeritzten Kreuze versehen.

Soll nun mit diesem Halbkugeldrehapparate z. B. der Axenwinkel eines zweiaxigen Krystalles gemessen werden, so verfährt man in folgender Weise: Nachdem die Halbkugel mit Hilfe der Schrauben des Kreuzschlittentisches genau centriert ist, wird sie durch Drehen aus freier Hand auf dem Ebonitringe in gleitende Bewegung versetzt, so daß sie nacheinander verschiedene Stellungen einnimmt. Wenn gleichzeitig mit dieser Bewegung die im Gesichtsfelde des Mikroskopes auftretenden Änderungen der Inter-

1) E. v. Fedorow, diese Zeitschr. 1896, **25**, 353.

ferenzfarben beobachtet werden, so kann man in wenigen Secunden die Austritte beider Axen nacheinander mit der Mikroskopaxe zur Coincidenz bringen.

Jede Halbkugelstellung wird nun in der Weise bestimmt, daß man nach Heben des Tubus die Halbkreisreifen aus der liegenden in die verticale Stellung bringt und mit demselben Objectiv, mit welchem man das Interferenzbild beobachtet hat, die Gradteilungen beider Reifen abliest.

Um zunächst die Lage der Axenaustritte graphisch darzustellen, werden die beobachteten Winkelgrößen auf das Wulff'sche Netz eingetragen. Da aber das letztere nur ein System von Breitenkreisen besitzt, der betreffende Pol sich aber als Kreuzungspunkt zweier, verschiedenen Systemen angehöriger Breitenkreise erweist, so kann die Lage des einen Axenaustrittes auf dem Wulff'schen Netze auf folgende Art gefunden werden: Bezeichnet man den Nordpol des Netzes mit $+A$, den Südpol mit $-A$, das rechte Ende der Äquatoriallinie mit $+J$, das linke mit $-J$, so entsprechen die Zeichen $+A$ und $-A$ den Polen der vom äußeren Halbkreisreifen beschriebenen Breitenkreise, während $+J$ und $-J$ die Pole des dem inneren Halbkreisreifen zugehörigen Breitenkreissystemes darstellen. Auf das Netz wird ein durchsichtiges Papierblatt (Pauspapier) gelegt und darauf der Netzmittelpunkt, sowie die Punkte $+A$ und $+J$ angedeutet. Jetzt zählt man die auf dem äußeren Halbkreisreifen beobachteten Grade ab, vom Äquator gerechnet nach oben oder unten, je nachdem die Zahl positiv oder negativ ist, und zieht durch den gefundenen Punkt den entsprechenden Breitenkreis aus. Um den zweiten Breitenkreis auf das Zeichenpapier zu bringen, muß letzteres über dem Netze um den gemeinsamen Mittelpunkt gegen die Uhrzeigerrichtung gedreht werden, bis der Punkt $+J$ des Papiers auf den Punkt $+A$ des Netzes fällt. In dieser neuen Lage wird die Gradzahl des inneren Halbkreisreifens mit dem entsprechenden Zeichen in gleicher Weise auf das Pauspapier eingetragen und der zweite Breitenkreis ausgezogen. Wird das Pauspapier in die erste Lage zurückgedreht, d. h. decken sich $+A$ auf dem Netze und $+A$ auf dem Papiere, so ist im Schnittpunkte beider Curven die Lage des einen Axenaustrittes gegeben. Nachdem man die Lage des anderen Axenaustrittes auf die gleiche Weise auf dem Pauspapiere eingetragen hat, kann die Größe des Axenwinkels leicht nach der Wulff'schen Methode bestimmt werden.

Die Arbeit mit der Halbkugel wird im schwach convergenten Lichte vorgenommen. Prof. G. Wulff hat auf der Naturforscherversammlung zu Moskau (1910) gezeigt, daß man den Fedorow'schen Universaltisch recht gut zu Beobachtungen im convergenten Lichte benutzen kann. Mit dem Fuess'schen Objectiv 4 (N.A. = 0,30) erhält man z. B. von einem 0,4 mm dicken Aragonitkrystalle ein prächtiges Interferenzbild, wenn durch Heben des Tubus der Objectabstand von ca. 25 mm erreicht ist.

Von den Fuess'schen Objectiven sind außerdem 3 (N.A. = 0,20) und 5 (N.A. = 0,40) für die Beobachtungen mit der Halbkugel am geeignetsten. Was die Beleuchtung von unten anbetrifft, so gibt ja die Halbkugel selbst schon ziemlich stark convergentes Licht, man kann aber diese Convergenz noch vergrößern, indem man die Halbkugel aus einer möglichst stark lichtbrechenden Glassorte herstellen läßt und eventuell unter derselben noch eine Linsencombination anbringt.

Vor dem Gebrauche muß die Halbkugel auf die Genauigkeit der Construction geprüft werden:

1. Die Glashalbkugel muß eine möglichst genau geometrische Halbkugel darstellen mit dem Kugelmittelpunkte im Schnittpunkte der beiden Durchmesserlinien auf der Äquatorialfläche. Die Prüfung geschieht einfach durch Neigen der auf dem Kreuzschlittentische centrierten Halbkugel; bei jeder Stellung derselben muß Coincidenz des Schnittpunktes der Durchmesserlinien auf der Halbkugeläquatorialfläche mit dem Schnittpunkte des Ocularfadenkreuzes bestehen.

2. Die Drehungsaxen der Halbkreisreifen müssen sich unter rechtem Winkel kreuzen. Dies prüft man mit einem Theodolithgoniometer, indem man den Winkel mißt, unter welchem die den Nullpunkten der Halbkreisreifen zugehörigen größten Halbkreisflächen sich schneiden. Sollte dieser Winkel vom Rechten abweichen, so muß bei der graphischen Construction der Punkt $+J$ des Pauspapieres nicht über dem Punkte $+J$ des Netzes gezeichnet, sondern um die betreffende Graddifferenz etwas nördlicher oder südlicher von der Äquatoriallinie verlegt werden.

3. Die Drehungsaxen der Halbkreisreifen müssen mit den auf der Äquatorialfläche der Halbkugel eingeritzten Durchmesserlinien zusammenfallen. Man prüft diese Coincidenz ebenfalls mit einem Theodolithgoniometer und zeichnet die Durchmesserlinien auf dem Netze in richtiger Beziehung zu den Drehungsaxen.

4. Wenn die Äquatorialfläche der auf dem Kreuzschlittentisch centrierten Halbkugel senkrecht zur Mikroskopaxe gestellt ist, wovon man sich nach dem Fedorow'schen Principe der Autocollimation[1]) überzeugen kann, so muß jeder der beiden gehobenen Halbkreisreifen in der Mitte des Gesichtsfeldes seine Nullgradteilung zeigen. Wenn die Halbkreisreifen ihre Nullpunkte nicht in der Mitte des Gesichtsfeldes zeigen, so kann die Ursache davon sein, daß entweder die Gradteilung auf den Halbkreisreifen nicht richtig eingraviert worden ist, oder daß beim Heben des Tubus die Mikroskopaxe eine etwas andere Richtung bekommen hat. Diese Fehler können während der graphischen Construction dadurch eliminiert werden, daß

1) E. v. Fedorow, diese Zeitschr. 1894, 22, 242.

man den Ausgangspunkt für die Gradzählungen um die abweichenden Gradzahlen seitlich von dem Mittelpunkte des Netzes verlegt.

Die Einfachheit in der Construction des Halbkugeldrehapparates, folglich der geringe Preis für seine Beschaffung, ferner die Schnelligkeit bei der Ausführung der Messungen und die den Messungen mit anderen Universaldrehapparaten nicht nachstehende Genauigkeit haben den Verfasser veranlaßt, die Aufmerksamkeit der Fachleute auf den Gegenstand zu lenken.

Petrographisches Privat-Institut »Lithogaea«
Moskau, Ordinka, 38.

# XIV. Über den Pyrit von Sajóháza.

Von

K. Zimányi in Budapest[1]).

(Hierzu Tafel III.)

---

Der Pyrit von Sajóháza wird in der mineralogischen Fachliteratur mehrmals erwähnt, aber einer eingehenderen krystallographischen Bearbeitung wurde er noch nicht unterzogen. Nach V. von Zepharovich[2]) findet man den Pyrit in den oberen Horizonten der Gruben in Gesellschaft von Magnetkies, Kupferkies und Fahlerz. Schon Melczer[3]) hob die Schönheit der Pyritkrystalle hervor, welche auf Eisenspatrhomboëdern sitzen. Die Krystalle, deren Formen $o\{111\}$, $a\{100\}$ und $\varrho\{711\}$[4]) sind, stammen auch von Sajóháza, aber aus einer ärarischen Grube.

Die im folgenden beschriebenen Pyrite stammen aus einer Eisensteingrube der Rimamurány-Salyótarjáner Eisenwerks-Actiengesellschaft; in derselben findet man auch den schönen Albit[5]) und Baryt[6]); ungefähr seit 3—4 Jahren findet man in dieser Grube öfters schön krystallisierten Pyrit

Die gut ausgebildeten Krystalle sitzen auf Eisenspat, und zwar sind die auf dem VI. Horizonte vorkommenden Krystalle einfacher, diejenigen vom VII. Horizonte viel schöner und flächenreicher. Die Krystalle sind oft goldgelb oder rötlich angelaufen oder mit einer lockeren, limonitartigen Kruste bedeckt; sie sind meistens klein (2—5 mm), selten auch größer

---

1) Aus dem ungarischen Originale des Mathem. természettud. Értesitö 1910, **28**, 2. Heft vom Verf. mitgeteilt; vorgelegt in der Sitzung der ungar. Akad. d. Wissensch. den 18. April 1910.

2) Mineralog. Lexikon, Wien 1859, **1**, 336.

3) Die Mineralien des Comitates Gömör, Selmeczbánya 1907, 536. Ref. diese Zeitschr. 1910, **47**, 294—298.

4) Földt. Közlöny 1905, **35**, 546—547. Ref. diese Zeitschr. 1908, **44**, 71.

5) Diese Zeitschr. 1905, **40**, 571.

6) Földt. Közlöny 1909, **39**, 104.

(10—15 mm), sitzen einzeln oder gruppenweise am Siderit, teils darin eingesenkt. Sehr schön sind jene Exemplare, an welchen die Krystalle derart gruppiert aneinandergewachsen sind, daß dieselben in ihrer Gesamtheit an stalaktitische Gebilde erinnern.

Die einfachsten Krystalle werden nur von $e\{210\}$ gebildet, zu welcher Form meistens noch $o\{111\}$ und $a\{100\}$ treten; an den complicierteren findet man noch $n\{211\}$ und ein oder zwei Dyakisdodekaëder. Die Combinationen sind größtenteils pentagondodekaëdrisch, es finden sich aber auch Krystalle, an welchen $e\{210\}$ und $\Sigma\{532\}$ beinahe im Gleichgewicht entwickelt sind, oder welche infolge sehr vorwaltenden Wachstumes einiger Flächen dieser beiden Formen verzerrt erscheinen (Taf. III, Fig. 5) oder dyakisdodekaëdrisch sind (Fig. 3 und 4).

Von den gut entwickelten, festgestellten zwölf Formen sind die zwei mit einem * bezeichneten für den Pyrit neu, von den Dyakisdodekaëdern gehören vier zur Zone $[210 : 111 = 1\bar{2}1]$.

| | |
|---|---|
| $a\{100\}$ | $\Sigma\{532\}$ |
| $o\{111\}$ | $s\{321\}$ |
| $e\{210\}$ | $*\ddot{u}\{14.9.4\}$ |
| $*O\{730\}$ | $b\{852\}$ |
| $\varepsilon\{10.3.0\}$ | $j\{741\}$ |
| $n\{211\}$ | $\{821\}$ |

Beständige Form ist nur $e\{210\}$, häufig sind $\Sigma\{532\}$, $*O\{730\}$, $o\{111\}$, $a\{100\}$, $n\{211\}$ und $s\{321\}$.

Die Flächen des Hexaëders sind meistens schmal, aber immer glatt und gut spiegelnd, so auch diejenigen des Oktaëders; selten sieht man an seinen Flächen zarte, gleichseitige Dreiecke mit schwach gekrümmten Seiten, welche den $[532 : 111]$-Kanten parallel laufen.

Das Oktaëder ist mit kleineren oder größeren Flächen entwickelt (Fig. 3 und 6). An denjenigen Krystallen, an welchen dieselben überhaupt fehlen oder nur in einigen Oktanten entwickelt sind, sieht man oft an den drei benachbarten $e\{210\}$-Flächen um die trigonale Ecken winzige Flächenpartikelchen des Oktaëders, wovon man sich bei Einstellung der entsprechenden Zonen durch das Einspiegeln und die annähernden Schimmermessungen überzeugen kann.

Die Flächen des herrschenden Pentagondodekaëders $e\{210\}$ sind bisweilen glatt; aber meistens ist es nur die eine, der charakteristischen Kante naheliegender Hälfte, während die andere mit pfeilförmigen, orientiert gelagerten Figuren bedeckt (Fig. 6); noch öfter ist diese Flächenpartie durch dichtgedrängte Flächenwiederholungen facettiert. Diese Wiederholungen liegen in mehr oder weniger parallelen Reihen, dachziegelförmig übereinander; zuweilen folgen glatte, breitere Streifen von $e\{210\}$ und die

facettierten Flächenwiederholungen als gezähnte Stufen aufeinander. Die alternierenden kleinen Flächen gehören zu $e\{210\}$, $s\{321\}$ oder dessen Vicinale (Fig. 10) und zuweilen auch zu $o\{111\}$. Die von $e\{210\}$ und $s\{321\}$ gebildeten Ecken sind oft gerundet; der von diesen abgerundeten kleinen Flächenteilen reflectierte, eigenartige Glanz scheint von Rhombendodekaëderflächen herzurühren, welche mit den Flächen von $s\{321\}$, $\Sigma\{532\}$ und $n\{211\}$ tautozonal wären. Außer diesem Alternieren der Flächen sieht man oft an beiden Seiten der Pentagondodekaëderflächen parallel mit den Kanten $[e:o]$ eine gröbere Streifung zwischen $o\{111\}$ und $O\{730\}$ (Fig. 6). An den glatten Flächen erheben sich hier und da größere, dreiseitige abgestumpfte Pyramiden von symmetrischer Form und orientierter Lage; die begrenzenden Flächen derselben sind $\{210\}$, $\{730\}$ und $\{321\}$ (Fig. 6).

$*O\{730\}$ ist eine häufige Form mit schmalen oder breiten Flächen, welche immer gestreift sind, die schmäleren weniger und deshalb geben sie auch ein scharfes Reflexbild. Die großen, breiten Flächen sind etwas gekrümmt, infolge der streifenförmigen Pentagondodekaëderflächen, welche sehr stumpfe Winkel miteinander bilden und eine continuierliche Reihe von Reflexen liefern. Die annähernden Messungen führen neben $\{730\}$ noch zu den Formen $f\{310\}$, $\xi\{11.4.0\}$, $k\{520\}$, $\{830\}$ und $\{12.5.0\}$ oder deren Vicinale. Das Pentagondodekaëder $\{730\}$ kommt als fragliche Form auch an dem Pyrit von Kotterbach[1]) vor. Die Winkelwerte dieser neuen Form sind:

| | Beobachtet: | $n$ | Berechnet: |
|---|---|---|---|
| $O:a = (730):(100)$ | $= 23°22'$ | 15 | $23°11'55''$ |
| $O:O' = (730):(307)$ | $=$ — | — | 68 46 21 |
| $O:o = (730):(111)$ | $= 40\ 37$ | 2 | 40 42 11 |

$\varepsilon\{10.3.0\}$ kommt mit schmalen, glänzenden Flächen vor (Fig. 7).

$n\{211\}$ mit kleinen oder schmalen gut spiegelnden Flächen, zuweilen fein gestreift nach der Kante $[100:111]$.

Von den Dyakisdodekaëdern ist das häufigste und für dieses Vorkommen sehr charakteristische $\Sigma\{532\}$; es gehört der Zone $[210:\bar{1}02 = 2\bar{4}1]$ an; wenn die entsprechenden Flächen von $s\{321\}$ und $n\{211\}$ zur Entwickelung kamen, kann man auch die Zonen $[321:211 = 1\bar{1}1]$ und $[100:132 = 0\bar{2}3]$ feststellen. Bemerkenswert ist, daß diese Form, deren Flächen im Kreuzungspunkte mehrerer Zonen liegen, am Pyrit verhältnismäßig selten vorkommt; so ist sie an den formenreichen Krystallen von Elba, Traversella und Brosso noch nicht bekannt; unter vielen untersuchten Krystallen von Dognácska fand ich sie bisher nur mit einer vereinzelten, kleinen Fläche in den Zonen $[421:111 = 1\bar{3}2]$ und $[321:211 = 1\bar{1}1]$. Die Form beobachtete zuerst

1) Diese Zeitschr. 1904, 39, 140.

Helmhacker[1]) an dem Pyrit von Waldenstein, später Schmidt[2]) und nach ihm sämtliche Forscher[3]) an dem Pyrit von Porkura mit gut entwickelten Flächen. An dem Pyrit von Sajóháza sind die Flächen von $\Sigma\{532\}$ immer glatt und spiegeln tadellos; entweder sind sie klein (Fig. 1 und 6) oder beinahe im Gleichgewicht entwickelt mit $e\{210\}$, einige Flächen auch größer (Fig. 3, 4 und 9).

Die zart gestreiften, aber glänzenden Flächen von $s\{321\}$ sind meistens klein, jedoch kann man die Neigungswinkel gut bestimmen; bei der im folgenden beschriebenen Ausbildung fehlen sie überhaupt oder sind die Neigungen variabel, da die Flächen meistens von naheliegenden Vicinalen vertreten sind; in diesem Falle ist die Neigung zur Oktaëderfläche gewöhnlich um $1^0$—$1\frac{1}{2}^0$ größer als der theoretische Wert ($s:o = 23^0 16' — 23^0 46'$ beobachtet). In der Zone $[210:111 = 1\bar{2}1]$, welche bei dem Pyrit eine wichtige, oft flächenreiche ist, liegen häufig zwischen dem Oktaëder und herrschendem Pyritoëder große, nach der Zonenaxe gestreifte Flächen (Fig. 7 und 8), welche eigentlich von schmalen Dyakisdodekaëderflächen gebildet werden. Bei der goniometrischen Messung erhält man eine Reihe Reflexbilder von verschiedener Intensität; ich habe mehrere Zonen unter verschiedener Incidenz wiederholt gemessen, und nur die starken, bestimmten Reflexe in Betracht gezogen. Die Neigungswinkel sind meistens variabel, man erhält ebenfalls Differenzen von $\frac{1}{2}^0$—$1^0$; es finden sich jedoch, wenn auch seltener, weniger gestreifte und vereinzelt beinahe vollkommen glatte Flächen, wenn nämlich in der betreffenden Zone nur ein oder zwei Dyakisdodekaëder sind (Fig. 5 und 9), bei diesen stimmen Beobachtung und Berechnung sehr gut überein. An manchen Krystallen sind die den $[210:102]$- und $[hkl:532]$-Kanten naheliegenden Partien dieser Flächen viel weniger gestreift, aber etwas gekrümmt; infolgedessen gehen von den stärkeren Reflexen der $[210:111]$-Zone unter spitzen Winkeln lichtschwächere Reflexzüge aus, deren Zone ich aber nicht bestimmen konnte. Die Winkelwerte dieser Dyakisdodekaëder sind ziemlich schwankend, von den sicher bestimmbaren sind die häufigsten $*\ddot{u}\{14.9.4\}$ und $\mathfrak{d}\{852\}$; die neue Form $\ddot{u}$ liegt auch in der Zone $[102:532 = \bar{6}83]$. Zur Controlle habe ich die Neigung der guten Flächen zu einigen anderen Formen bestimmt. Vor kurzem hatte Travis[4]) an dem Pyrit von Cornwall (Penn.) die tautozonale Form $\{14.9.3\}$ beobachtet. Die erhaltenen besten Messungsergebnisse sind folgende:

---

1) Tschermaks mineralog. Mitteil. 1876, **12**, Taf. I, Fig. 13.

2) Diese Zeitschr. 1891, **19**, 56.

3) Diese Zeitschr. 1901, **36**, 386. Bull. internat. de l'Acad. des Sci. de Bohème 1903, **8**. Ref. diese Zeitschr. 1910, **47**, 294; ebenda 1904, **39**, 357. — Földt. Közlöny 1908, **38**, 415.

4) Proceed. Americ. Philos. Soc. Philadelphia 1906, **45**, Nr. 183, 133. Ref. diese Zeitschr. 1910, **47**, 302.

| | | Beobachtet: | $n$ | Berechnet: |
|---|---|---|---|---|
| $\ddot{u} : o$ | $= (14.9.4) : (111)$ | $= 24^0 23'$ | 12 | $24^0 23' 58''$ |
| $: a$ | $= (100)$ | $35\ 0$ | 1 | $35\ 7\ 33$ |
| $: a'$ | $= (010)$ | $58\ 15$ | 1 | $58\ 16\ 42$ |
| $: a''$ | $= (001)$ | $76\ 32$ | 2 | $76\ 29\ 2$ |
| $: O$ | $= (307)$ | $57\ 23$ | 1 | $57\ 31\ 20$ |
| $: \Sigma$ | $= (532)$ | $5\ 43$ | 5 | $5\ 40\ 42$ |
| $: \Sigma'$ | $= (253)$ | $36\ 19$ | 1 | $36\ 20\ 11$ |
| $: \Sigma''$ | $= (325)$ | $40\ 37$ | 1 | $40\ 41\ 50$ |

$j\{741\}$ fand ich nur einmal als schmale Fläche mit anderen Dyakisdodekaëdern; diese Form beobachtete ich zum ersten Male an einem Pyritkrystalle von Dognácska[1]) mit kleinen, aber gut meßbaren Flächen, an welchen das Zeichen auch aus den beiden Zonen $[210 : 111 = 1\bar{2}1]$ und $[10.6.1 : 522 = 2\bar{3}\bar{2}]$ bestimmt werden konnte. Die Neigung der unsicheren oder Vicinalformen zum Oktaëder betrug: $27^0 9'$—$27^0 53'$, $28^0 7'$—$28^0 56'$, $30^0 26'$—$30^0 39'$, $34^0 12'$—$34^0 16'$ und $35^0 15'$—$36^0 32'$, von welchen einige vielleicht der Form $Z\{531\}$ entsprechen, deren berechnete Neigung zum Oktaëder $28^0 34'$ ist.

Das Dyakisdodekaëder $\{821\}$ wurde zuerst von Mauritz[2]) an dem Pyrit von Porkura nachgewiesen; an meinen Krystallen waren die Flächen dieser Form immer klein und hatten schwachen Glanz (Fig. 2 und 7) oder waren gänzlich matt. Die Flächen traten immer in unvollständiger Zahl auf; zur sicheren Bestimmung dienten außer den gemessenen Winkeln auch die Zonen $[100 : 021 = 0\bar{1}2]$ und $[210 : 0\bar{2}1 = \bar{1}24]$, zu welchen noch das Ikositetraëder $n\{211\}$ und zur letzteren auch das Dyakisdodekaëder $\Sigma\{532\}$ gehört. In der Zone $[0\bar{1}2]$ liegen die Flächen (100), (821), (121), (021), $(\bar{1}21)$, $(\bar{8}21)$, $(\bar{1}00)$ usw., in der Zone $[\bar{1}24]$ hingegen (210), (821), $(2\bar{1}1)$, $(2\bar{5}3)$, $(0\bar{2}1)$, $(\bar{2}\bar{1}0)$ usw.

Die Mittelwerte der gemessenen Normalwinkeln und die berechneten gebe ich in der folgenden Tabelle, in welcher $n$ sich auf die Zahl der gemessenen Kanten bezieht.

| | | Beobachtet: | $n$ | Berechnet: |
|---|---|---|---|---|
| $a : \varepsilon$ | $= (100) : (10.3.0)$ | $= 16^0 37\frac{1}{2}'$ | 6 | $16^0 41' 57''$ |
| $: e$ | $= : (210)$ | $26\ 34\frac{1}{2}$ | 28 | $26\ 33\ 54$ |
| $o : n$ | $= (111) : (211)$ | $19\ 15$ | 6 | $19\ 28\ 26$ |
| $: a$ | $= : (100)$ | $54\ 44$ | 5 | $54\ 44\ 8$ |
| $: s$ | $= : (321)$ | $22\ 13\frac{1}{2}$ | 9 | $22\ 12\ 57$ |
| $: b$ | $= : (582)$ | $26\ 4\frac{1}{2}$ | 16 | $26\ 6\ 0$ |
| $: j$ | $= : (741)$ | $31\ 29$ | 1 | $31\ 28\ 36$ |
| $: e$ | $= : (210)$ | $39\ 15$ | 14 | $39\ 13\ 53$ |

1) Bisher unveröffentlichte Beobachtung.

2) Diese Zeitschr. 1904, 39, 357.

| | | Beobachtet: | $n$ | Berechnet: |
|---|---|---|---|---|
| $\Sigma : o$ | $= (532) : (111)$ | $= 20°30'$ | 24 | $20°30'50''$ |
| $: a$ | $= \quad : (100)$ | 35 48 | 4 | 35 47 44 |
| $: e$ | $= \quad : (210)$ | 19 25 | 17 | 19 25 4 |
| $: \Sigma'$ | $= \quad : (325)$ | 35 21 | 8 | 35 20 4 |
| $: \Sigma''$ | $= \quad : (5\bar{3}2)$ | 58 21 | 2 | 58 14 35 |
| $: s$ | $= \quad : (321)$ | 4 17 | 4 | 4 18 24 |
| $: n$ | $= \quad : (211)$ | 6 30 | 5 | 6 35 12 |
| $: \mathfrak{j}$ | $= \quad : (741)$ | 11 55 | 1 | 11 58 57 |
| $(821) : o$ | $= (821) : (111)$ | 40 11 | 2 | 40 7 58 |
| $: a$ | $= \quad : (100)$ | 15 32 | 3 | 15 36 56 |
| $: e$ | $= \quad : (210)$ | 14 42 | 1 | 14 16 50 |
| $: \Sigma$ | $= \quad : (532)$ | 20 28 | 2 | 20 22 50 |
| $\mathfrak{d} : a$ | $= (852) : (100)$ | 33 59 | 1 | 33 56 47 |
| $: \Sigma$ | $= \quad : (532)$ | 6 58 | 2 | 7 2 3 |
| $: \Sigma'$ | $= \quad : (253)$ | 37 45 | 1 | 37 45 25 |

Die Formen der beobachteten Combinationen gebe ich in der Reihenfolge ihres Größenverhältnisses; bei denjenigen Krystallen, an welchen ich die Formen der $[1\bar{2}1]$-Zonen nicht bestimmen konnte, gebe ich nur das allgemeine Zeichen $\{hkl\}$. Einige charakteristische Combinationen sieht man in den Figuren 1 bis 7.

$e$, $o$
$e$, $\{hkl\}$
$e$, $\{hkl\}$, $o$
$e$, $\{hkl\}$, $a$
$e$, $o$, $a$
$e$, $o$, $\Sigma$
$e$, $o$, $\Sigma$, $a$
$e$, $\Sigma$, $o$, $n$
$e$, $\{hkl\}$, $o$, $\Sigma$
$e$, $\Sigma$, $O$, $o$, $a$, $n$
$e$, $\{hkl\}$, $a$, $o$, $\Sigma$
$e$, $\Sigma$, $O$, $o$, $s$, $n$ $a$
$e$, $\Sigma$, $O$, $a$, $o$, $s$, $\mathfrak{d}$, $\mathfrak{j}$
$e$, $a$, $O$, $o$, $\Sigma$, $s$, $\ddot{u}$, $n$
$e$, $O$, $a$, $\ddot{u}$, $\mathfrak{d}$, $\Sigma$, $\{821\}$, $o$, $\varepsilon$
$e$, $a$, $O$, $\ddot{u}$, $\mathfrak{d}$, $s$, $o$, $\Sigma$, $\{821\}$
$e$, $\Sigma$, $O$, $o$, $\ddot{u}$, $\mathfrak{d}$, $s$, $a$, $n$
$e$, $\Sigma$, $O$, $a$, $o$, $\ddot{u}$, $\mathfrak{d}$, $n$, $\{821\}$, $\varepsilon$
$e$, $a$, $O$, $o$, $s$, $\mathfrak{d}$, $\ddot{u}$, $n$, $\{821\}$, $\varepsilon$

An dem Pyrit von Sajóháza fand ich keine Zwillingskrystalle.

Das Untersuchungsmaterial stammt aus der Sammlung des ungarischen Nationalmuseums.

Schließlich spreche ich Herrn Professor Dr. Josef Krenner für seine gütige Erlaubnis, daß ich die Untersuchungen im mineralogisch-petrographischen Institut der königl. ungarischen Universität ausführen konnte, meinen besten Dank aus.

Budapest, Ende April 1910.

# XV. Herderit vom Epprechtstein mit neuen Formen und natürlichen Ätzfiguren.

Von

**V. Dürrfeld** in Straßburg i./Els.

(Mit 2 Textfiguren.)

---

Das Mineralogische Institut der hiesigen Universität erhielt vor kurzem von Herrn Prof. Oebbeke in München eine Anzahl Mineralstufen vom Epprechtstein, darunter fünf Stufen mit Herderitkrystallen, zur Ansicht übersandt. Herr Prof. Oebbeke gestattete in liebenswürdiger Weise eine Bearbeitung des Herderits, mit der mich Herr Prof. Bücking beauftragte. Beiden Herren spreche ich hiermit meinen Dank aus.

Ich habe die Herderitstufen der Reihe nach mit Ziffern (I—V) versehen und beschreibe sie hier in dieser Reihenfolge [1]).

Stufe I. Auf Quarz und Zinnwaldit sitzt ein einzelner, farbloser Krystall von 17 mm Höhe und 10 mm Breite. Der Habitus erinnert sehr an Topas. Die Formen sind: $m\{110\}$, $n\{331\}$, $p\{111\}$, $v\{031\}$, $t\{032\}$ (vergl. Fig. 1 auf S. 237). Als Vicinalfläche zwischen (331) und (111) ist auch $q(332)$ vorhanden. Der Krystall ist ein Zwilling nach der Basis, die Zwillingsnaht verläuft auf der Fläche (110) ungefähr parallel der Kante [(110):(331)], wie es in der Figur durch die punktierte Linie angedeutet ist.

---

1) Ich benutze die Gelegenheit zu einem kurzen Nachtrage betreffs des ersten von mir beschriebenen Herderitkrystalls vom Epprechtstein (diese Zeitschr. 1909, **46**, 583, Taf. XII, Fig. 2). Dort schrieb ich, daß mit Sicherheit nicht zu entscheiden wäre, ob ein einfacher monokliner Krystall oder ein Zwilling nach der Basis vorliege und daß die eine Hälfte des Krystalls durch einen zweiten, parallel mit dem ersten verwachsenen verdeckt sei. Seitdem habe ich Gelegenheit gehabt, mehrere Herderitzwillinge des Epprechtsteines zu untersuchen und einen ziemlich klaren Einblick in die Art der Verwachsung bei diesen Zwillingen gewonnen. Ich bin jetzt überzeugt, daß die beiden vermeintlich parallel verwachsenen Teile des Krystalls sich zu einander in Zwillingsstellung nach der Basis befinden. Die Formen des Krystalls schreiben sich demnach: $m\{110\}$, $l_1\{20.37.0\}$, $b\{010\}$, $n\{331\}$, $q\{332\}$, $p\{111\}$, $u\{\bar{3}31\}$, $g\{\bar{3}34\}$, $x\{\bar{3}62\}$, $f\{\bar{2}03\}$, $v\{031\}$, $t\{032\}$.

Infolge starker Ätzung erscheinen die meisten Flächen matt, nur die Prismenflächen sind glänzend. Auf (110) sind deutliche Ätzeindrücke erkennbar; dieselben haben die Form eines Kreisabschnitts, dessen Basis der Kante [(110):(331)] parallel läuft, wobei der Kreisbogen der Fläche (331) zugekehrt ist. Einige sind nach einer Seite hin spitz zulaufend, die Spitze ist der Kante [(110):(1$\bar{1}$0)] zugekehrt. Bei größeren Ätzeindrücken erkennt man, daß der Rand der Vertiefungen sich aus mehreren Flächen zusammensetzt, meist aus vier, von denen die eine eine steile Pyramide des Primärprismas darstellt, während die übrigen Flächen zu Pyramiden abgeleiteter Prismen gehören; eine nähere Bestimmung war bei der geringen Größe nicht möglich. In der Figur habe ich einige Ätzeindrücke ihrer Form und Lage nach eingetragen.

Fig. 1.



Auf der Fläche (031) hat die Ätzung tiefe Rillen hervorgerufen, deren Längsrichtung senkrecht zur Basiskante verläuft.

An der Kante [(031):(110)] hat die Ätzung zur Bildung complicierter Flächen Veranlassung gegeben, deren Zeichen wegen der geringen Größe der Eindrücke gleichfalls nicht bestimmt werden konnte.

Stufe II. Mehrere kleine, farblose Krystalle, von denen der größte 4 mm Durchmesser hat, sitzen auf Kalifeldspat; zum Teil sind sie von bläulichgrünem Apatit bedeckt und von einer feinschuppigen nakritartigen Substanz überrindet. Der größte Krystall besitzt die Combination: $c\{001\}$. $v\{031\}$. $t\{032\}$. $b\{010\}$. $m\{110\}$. $n\{331\}$. $q\{332\}$. $p\{111\}$. $x\{\bar{3}62\}$. $r\{\bar{1}21\}$; er ist ein Zwilling nach der Basis mit deutlich einspringendem Winkel an den $x$-Flächen.

Stufe III. Mehrere Krystalle, bis 5 mm groß, sind von schmutziggraugrünem Apatit teilweise umschlossen. Der größte Krystall hat die Formen: $m\{110\}$, $n\{331\}$, $q\{332\}$, $p\{111\}$, $n\{\bar{3}31\}$, $x\{\bar{3}62\}$, $v\{031\}$, $t\{032\}$; er ist ein Zwilling nach der Basis. Auffallend ist die matte Beschaffenheit der Krystallflächen.

Stufe IV. Bläulichgrüner Apatit bedeckt zwei Krystalle von Herderit von klinodiagonal-säuligem Habitus. Der größere von beiden besitzt die Combination: $m\{110\}$. $n\{331\}$. $q\{332\}$. $p\{111\}$. $x\{\bar{3}62\}$. $r\{\bar{1}21\}$. $z\{\bar{3}64\}$. $n\{\bar{3}31\}$. $\pi\{\bar{1}11\}$. $*h\{395\}$. $v\{031\}$. $t\{032\}$. Der Krystall ist ein Zwilling nach der Basis. Die Form $h\{395\}$ ist für den Herderit neu; sie ist ein Product der Ätzung auf der Kante [(031):(111)]; die Bestimmung geschah auf Grund der Schimmermessung:

| | Gemessen: | Berechnet: |
|---|---|---|
| (111):(395) | = 19°14′ | 19°12′ 38″ |

Die Form $\{\bar{3}64\}$ ist für den Epprechtsteiner Herderit neu; sie erscheint einmal als ziemlich breite Fläche mit deutlichem Reflex. Die Messung ergab als Neigung zu $(\bar{3}31)$ rund 34° (berechnet 31°58′); die Messung war eine Schimmermessung wegen der außerordentlich matten Oberfläche der Fläche $(\bar{3}31)$.

Die Form $p\{111\}$ ist parallel der Combinationskante mit $\{332\}$ gestreift.

Stufe V. Auf Feldspat bezw. Muscovit, der aus dem Feldspat durch Zersetzung hervorgegangen ist, sitzen eine Reihe farbloser Krystalle mit meist glänzenden Flächen; auf manchen Krystallen sitzt noch Apatit. Die Herderite sind gestreckt nach der Klinodiagonale; der größte mißt in dieser Richtung 9 mm.

Wegen der guten Ausbildung ihrer Endflächen sind besonders zwei unregelmäßig miteinander verwachsene Krystalle von Bedeutung. Beide sind Zwillinge nach der Basis; die Zwillingsgrenze verläuft aber nicht über die Prismenflächen wie bei den bisher beschriebenen Zwillingen vom Epprechtstein, sondern bei jedem Krystall ist ein großer Teil der positiven Formen entwickelt, dadurch, daß der mit ihm verzwillingte Krystall mehr von der Seite her mit dem ersteren verwachsen ist und diesen an Größe bedeutend übertrifft.

Krystall 1 besitzt die Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $l\{120\}$, $b\{010\}$, $n\{331\}$, $q\{332\}$, $p\{111\}$, $g\{334\}$, $n\{\bar{3}31\}$, $q\{\bar{3}32\}$, $x\{\bar{3}62\}$, $r\{\bar{1}21\}$, $v\{031\}$, $t\{032\}$.

An dem Krystall ist die Basis verhältnismäßig breit entwickelt, wie ich sie bis jetzt noch nicht am Herderit des Epprechtsteines beobachtet habe.

Fig. 2.



Die Form $\{111\}$ ist wieder mit stark gestreiften Flächen parallel der Combinationskante mit $\{332\}$ vertreten. Die Flächen von $\{120\}$ sind außerordentlich matt.

Krystall 2 besitzt die Formen: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $v\{031\}$, $t\{032\}$, $n\{331\}$, $q\{332\}$, $p\{111\}$, $e\{302\}$, $x\{\bar{3}62\}$, $r\{\bar{1}21\}$, $*i\{\bar{2}41\}$, $n\{\bar{3}31\}$, $\pi\{\bar{1}11\}$ (vgl. Fig. 2).

Die Form $i\{\bar{2}41\}$ ist für den Herderit neu; sie erscheint einmal als schmale, gut spiegelnde Fläche. Die Messung ergab:

| | Gemessen: | Berechnet: |
|---|---|---|
| $(\bar{2}41):(\bar{3}62)$ | = 6°31′ | 6°48′30″ |

Die Fläche $(\bar{1}21)$ ist gestreift parallel ihrer Combinationskante mit (032); die Streifung wird hervorgerufen durch Alternation mit einer Fläche der Zone $[(\bar{1}21):(032)]$. Schimmermessungen ergaben als Neigung dieser Fläche zu (032) den Wert 22°. Das Symbol der Fläche könnte demnach $(\bar{6}.15.8)$ sein, für das die Berechnung 22°34′ ergibt.

In der Zone $[(\bar{3}62):(\bar{3}3\bar{1})]$ ist auf der Kante beider Flächen eine schmale Fläche (Ätzfläche) entwickelt, die auch der Zone $[(\bar{1}10):(03\bar{1})]$ anzugehören scheint; das Zeichen wäre darnach $(\bar{1}\bar{2}.15.\bar{1})$.

---

Zum Schlusse gebe ich eine Zusammenstellung sämtlicher bis jetzt am Herderit vom Epprechtstein bekannten Formen. (Die mit einem Stern bezeichneten Formen sind bis jetzt nur an Krystallen des Epprechtsteines beobachtet worden.)

| Pinakoide: | Prismen: |
|---|---|
| $a\{100\} = \infty\breve{P}\infty$ | $m\{110\} = \infty P$ |
| $b\{010\} = \infty\breve{P}\infty$ | $l\{120\} = \infty\breve{P}2$ |
| $c\{001\} = 0P$ | $*l_1\{20.37.0\} = \infty\breve{P}\frac{37}{20}$ |
| **Klinodomen:** | **Orthodomen:** |
| $u\{011\} = \breve{P}\infty$ | $*f\{\bar{2}03\} = +\frac{2}{3}\breve{P}\infty$ |
| $t\{032\} = \frac{3}{2}\breve{P}\infty$ | $*\delta\{\bar{1}01\} = +\breve{P}\infty$ |
| $v\{031\} = 3\breve{P}\infty$ | $*\varepsilon\{\bar{8}01\} = +8\breve{P}\infty$ |
| | $e\{302\} = -\frac{3}{2}\breve{P}\infty$ |
| | $*E\{801\} = -8\breve{P}\infty$ |

**Pyramiden:**

| | |
|---|---|
| $*g\{334\} = -\frac{3}{4}P$ | $\mathfrak{n}\{\bar{3}31\} = +3P$ |
| $p\{111\} = -P$ | $\mathfrak{z}\{\bar{3}64\} = +\frac{3}{2}\breve{P}2$ |
| $q\{332\} = -\frac{3}{2}P$ | $\mathfrak{r}\{\bar{1}21\} = +2\breve{P}2$ |
| $n\{331\} = -3P$ | $x\{\bar{3}62\} = +3\breve{P}2$ |
| $*h\{395\} = -\frac{9}{5}\breve{P}3$ | $*i\{\bar{2}41\} = +4\breve{P}2$ |
| $*\mathfrak{g}\{\bar{3}34\} = +\frac{3}{4}P$ | $\mathfrak{p}\{\bar{3}91\} = +9\breve{P}3?$ |
| $*\pi\{\bar{1}11\} = +P$ | $*p_{24}\{\bar{2}\bar{4}.24.1\} = +24P$ |
| $\mathfrak{q}\{\bar{3}32\} = +\frac{3}{2}P$ | |

Die Zahl der am Herderit bekannten Formen erhöht sich durch die neuen Formen auf 40. Von diesen 40 Formen sind bis jetzt 29 am Herderit des Epprechtsteines nachgewiesen.

An den einfachen Krystallen des Epprechtsteines sind im stumpfen Winkel $\beta$ gewöhnlich die Pyramiden {331}, {332} und {111} ausgebildet; von diesen ist die Primärpyramide in der Regel herrschend; ihre Flächen sind stark gestreift, parallel ihren Combinationskanten mit den Flächen von {332}. Im spitzen Winkel $\beta$ herrschen Pyramiden $\{khl\}$, wo $h = 2k$; die häufigsten sind $x\{\bar{3}62\}$ und $\mathfrak{r}\{\bar{1}21\}$. Die Flächen des Prismas {120} sind in der Regel matt.

---

# XVI. Neues Mikroskop Modell VIb für krystallographische und petrographische Studien.

(Mitteilung aus der R. Fuess'schen Werkstätte in Steglitz bei Berlin.)

Von

**C. Leiss.**

(Mit 1 Textfigur.)

---

Das nachfolgend beschriebene neue Mikroskop bildet gewissermaßen eine Combination der von Hirschwald[1]) angegebenen Construction und eines vom Verf. in dieser Zeitschr. 1908, 44, 3. Heft, 264—267 beschriebenen Mikroskopes Modell Ia. Die Anregung zu dieser neuen Combination geschah fast gleichzeitig und unabhängig von einander durch die Herren Prof. P. Brühl vom Engineering College in Calcutta und Dr. W. Arschinow in Moskau. In seinem Gesamthabitus schließt sich das Instrument vorwiegend an das Hirschwald'sche Mikroskop an, nur besitzt dieses neue Modell eine vollkommenere Beleuchtungseinrichtung durch Anwendung eines großen Abbe'schen Condensors und eines diesem Condensor entsprechenden großen Ahrens'schen Polarisatornicols, welches eine vollwertige Ausnützung des großen Abbe'schen Condensors gestattet.

Wie aus der Abbildung (S. 241) ersichtlich, besitzt das Instrument neben einem drehbaren Objecttische auch gemeinsame Nicoldrehung, bei welcher der im Tubus eingeschlossene Analysator $N$ zugleich mit dem Polarisator $P$ gedreht werden kann. Der Vorteil dieser Anordnung liegt bekanntlich darin, daß man immer das volle Sehfeld der Oculare ausnützen und auch stärkere Oculare, die sich bei einem Aufsatzanalysator gar nicht verwenden lassen, gebrauchen kann. Dieses neue Instrument besitzt sogar Oculare mit erweitertem Sehfelde, welch' letzteres bei Anwendung eines Aufsatzanalysators eine sehr bedeutende Einschränkung erfahren würde.

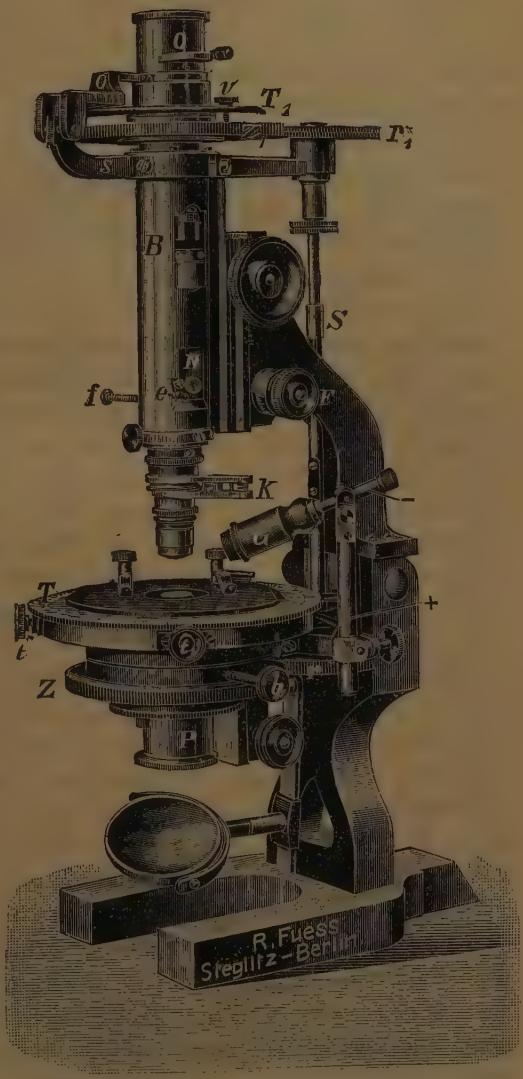
---

1) Siehe J. Hirschwald, Centralbl. f. Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Jahrgang 1904, Nr. 20, 626—633.

Das neue Mikroskop ermöglicht — ebenso wie das Hirschwald'sche Mikroskop — für die verschiedensten Untersuchungszwecke folgende Combinationen:

1) Der Polarisator, Analysator und das Fadenkreuzocular drehen sich gleichzeitig.

Schaltung: Die unter dem Objecttische $T$ befindliche Bremsschraube $b$ wird gelöst; eine auf dem großen Oculartheller $T_1$ befindliche (in der Figur nicht sichtbare) Verbindungsschraube festgezogen und der am Nonienarm $s$ angebrachte drehbare Winkelarm $o$ nach außen weggeklappt, sodaß das Ocular sich mit dem inneren Tubus drehen kann.




2) Der Polarisator bleibt stehen; Analysator und Fadenkreuzocular drehen sich gleichzeitig.

Schaltung: Oculartkreis $T_1$ wird auf $0^0$ gestellt; Bremsschraube $b$ (unter dem Tische $T$) festgezogen; Verbindungsschraube auf dem Oculartkreise $T_1$ gelöst; der Winkelarm $o$ nach außen weggeklappt. Soll wieder zu der Schaltung 1) übergegangen werden, so stellt man den Oculartkreis $T_1$ auf $0^0$, zieht die Verbindungsschraube auf $T_1$ fest und löst die untere Bremsschraube $b$.

3) Polarisator und Analysator drehen sich gleichzeitig, während das Ocular stehen bleibt.

Schaltung: Wie zu 1), nur wird der Winkelarm $o$ über den vorstehenden Stift am Ocular geklappt, wie es die Figur zeigt.

4) Der Polarisator und das Ocular stehen fest und nur der Analysator ist drehbar.

Schaltung: Wie zu 2), doch ist der Winkelarm *o* über den vorstehenden Stift am Ocular zurückgeklappt.

Die Bertrand'sche Linse *B* ist in üblicher Weise aus- und einschiebbar. Da die Linse in eingeschalteter Stellung mit dem inneren Tubus rotiert, so ist der kleine Griff des Schiebers *B* mit einem Charnier hochzuklappen.

Die Gyps- und Glimmerplättchen werden in den Schlitten des inneren Nicols *N* eingeschoben; ersterer befindet sich an der unteren Gehäusefläche des Analysators; sie behalten daher bei der Drehung des Analysators *N* ihre ursprüngliche Orientierung zu *N* bezw. bei der Schaltung 1) und 3) auch zum Polarisator *P*.

Der drehbare Objecttisch ist bei diesem Mikroskop extra groß ausgeführt; sein Durchmesser beträgt 13 cm. Eingeteilt ist der Tisch in Grade; zwei Nonien gestatten die Ablesung von 5'. Der drehbare Objecttisch ist auch mit einem Kreuzschlittentisch versehen, welcher in den Drehtisch vollständig eingeschlossen ist, sodaß der Bewegungsmechanismus ganz verdeckt ist und eine große ebene Fläche für das Auflegen der Präparate usw. zur Verfügung steht. Beide Bewegungen des Kreuzschlittentisches erfolgen durch die Mikrometerschrauben *t* und $t_1$. Die vollen Umdrehungen der Schrauben können an Millimeterskalen abgelesen werden, während je ein Intervall der geteilten Trommeln von *t* und $t_1$ = 0,01 mm abzulesen erlaubt.

Als Polarisator kommt, wie schon erwähnt, ein Ahrens'sches Doppelprisma, wie bei dem Modell Ia, zur Anwendung. Zwischen Condensor und Polarisator befindet sich eine Irisblende. Der Übergang vom convergenten zum sogenannten parallelen Licht kann also entweder durch Senken des Condensors oder durch Einschnüren der Irisblende geschehen. (Über die sonstigen Vorteile eines derartigen großen Polarisatornicols in Verbindung mit einem großen Abbe'schen Beleuchtungsapparate hat der Verf. in dieser Zeitschrift 1908, **44**, 3. Heft, 265—266 bereits berichtet.)

Für gewisse Untersuchungen bei Oberflächenbeleuchtung kann nach dem Vorschlage von Hirschwald noch ein besonderes Glühlämpchen *G* beigegeben werden. Es läßt sich dasselbe mit Hilfe einer besonderen Klemmschraube mit dem Mikroskope so verbinden, daß es gleichzeitig hoch und niedrig gestellt und durch ein Kugelgelenk beliebig geneigt werden kann. Vor der Beleuchtungslinse ist ein blaues Glas angebracht, um das ungünstig wirkende gelbe Licht fern zu halten. Das Glühlämpchen wird durch zwei Accumulatoren von 4 Volt Spannung gespeist. Eine kleine mit dem Accumulator verbundene Widerstandsspirale ermöglicht die Anwendung der geeigneten Stromstärke.

# XVII. Über die Beziehungen zwischen Dichte und optischem Brechungsvermögen bei festen krystallisierten isomeren organischen Verbindungen.

Von

**K. Heydrich** in Jena.

(Mit 11 Textfiguren.)

---

**Inhalt.**

Seite

I. Einleitung . . . . . 244
II. Untersuchungsmethoden . . . . . 250
a. Krystallisation . . . . . 250
b. Bestimmung des specifischen Gewichtes . . . . . 251
c. Optische Untersuchung . . . . . 251
III. Krystallographische Beschreibung der untersuchten Substanzen . . . . . 255
1. Oxalsaures Dimethyl . . . . . 255
2. Bernsteinsäure . . . . . 257
3. Brenzcatechin . . . . . 260
4. Resorcin . . . . . 261
5. Hydrochinon . . . . . 264
6. Orthodinitrotoluol . . . . . 266
7. Paradinitrotoluol . . . . . 268
8. Codeïn . . . . . 270
9. Isocodeïn . . . . . 272
10. Pseudocodeïn . . . . . 275
11. Dicyandiamid . . . . . 277
12. Melamin . . . . . 279
IV. Nähere Untersuchung des optischen Verhaltens der isomeren Substanzen. 282
a. Gang der Dispersion . . . . . 286
b. Relative Dispersion . . . . . 289
V. Das specifische Brechungsvermögen . . . . . 291
VI. Die Beziehung zwischen Krystallvolumen und Dichte der krystallisierten isomeren organischen Verbindungen . . . . . 295
VII. Die Beziehungen zwischen den Kalisalzen der Ortho- und der Paraphenolsulfosäure . . . . . 297

Seite
a. Krystallographische Untersuchung . . . . . 298
1. Orthophenolsulfosaures Kali . . . . . 298
2. Paraphenolsulfosaures Kali . . . . . 299
b. Das optische Verhalten des ortho- und des paraphenolsulfosauren Kalis . . . . . 301
VIII. Ergebnisse der Arbeit . . . . . 304

## I. Einleitung.

Im Jahre 1821 ist von Mitscherlich[1]) auch an dem ein Molekül Wasser enthaltenden Natriummonophosphat $H_2NaPO_4 + H_2O$ die Erscheinung beobachtet worden, die man schon vorher bei dem kohlensauren Kalk in der Form des Aragonits und des Kalkspates kennen gelernt hatte, daß nämlich Körper von procentual gleicher chemischer Zusammensetzung in verschiedenen Krystallformen auftreten, die sich nicht auf eine gemeinschaftliche Grundform zurückführen lassen, und Mitscherlich hat zuerst diese Erscheinung mit dem Namen »Polymorphismus« belegt. Immer zahlreicher wurden dann die Entdeckungen solcher polymorpher Körper, und jetzt kennt man ein ganzes Heer von Verbindungen und Elementen, welche die Fähigkeit besitzen, in verschiedenen Formen, Modificationen aufzutreten. Die Ursache dieser höchst interessanten Erscheinung hat man daher schon sehr früh zu ergründen versucht, und recht mannigfaltig sind die Theorien, die von den hervorragendsten Forschern im Laufe der Jahre aufgestellt worden sind.

So nimmt Berzelius[2]) als Grund für den Polymorphismus die Allotropie der Elemente an. Pasteur[3]) glaubt, daß eine geringe Verschiedenheit in der Anordnung der Moleküle den Polymorphismus bewirke. Nach Bravais[4]) wäre es möglich, daß dieselben Moleküle sich nicht nur in ein einziges bestimmtes Raumgitter, sondern in verschiedenartige anordnen könnten. Diese Theorie war bis vor wenigen Jahren die verbreitetste[5]), daß nämlich polymorphe Modificationen nur physikalisch, nicht chemisch verschiedene Zustände sind. Wyrouboff[6]) definiert den Polymorphismus wie folgt: »entweder sind die stöchiometrisch gleich zusammengesetzten Körper von identischen Molekülen, aber in verschiedener Weise (polymorphisme) oder von ungleichen Molekülen (isomérie) aufgebaut«. Jedoch gibt er selbst zu, daß es dann in vielen Fällen wohl schwer ist, zu ent-

1) Ann. chim. phys. 1821, **19**, 411.
2) Berzelius, Jahresber. 1841, **20** (II), 13.
3) Ann. chim. phys. 1848, **23**, 292.
4) Journ. de l'éc. polyt. 1851, **20**, 101.
5) Lehmann, Molekularphysik 1889, II, 405.
6) Bull. soc. min. 1885, **8**, 398.

scheiden, ob Polymorphismus oder Isomerie vorliegt. Mallard[1]) führt die Existenz verschiedener Modificationen einer chemischen Verbindung auf die Bildung von Molekülgruppen, also auf Polymerie, zurück. Nach ihm haben die verschieden symmetrischen Krystallformen desselben Stoffes dasselbe Raumgitter. Die höher symmetrischen Formen werden gebildet infolge zwillingsartiger Verwachsungen von Molekülschichten der weniger symmetrischen Modification. Diese Verwachsungen entziehen sich aber jeder Beobachtung.

Wenn man auch sehr viele krystallographische Erscheinungen mit diesen Theorien des Polymorphismus zu erklären vermag, so ist doch, wie O. Lehmann auf Grund seiner eingehenden Untersuchungen annehmen zu dürfen glaubt[2]), ihre Anwendbarkeit auf das ganze Gebiet der Erscheinungen wohl undurchführbar; und dies um so mehr, weil sie sich auch teilweise in directem Widerspruch mit dem schon von Hauy aufgestellten Fundamentalsatz der Krystallographie setzen, daß nämlich jeder chemisch definierte Körper nur in einer einzigen Symmetrieklasse krystallisiere, daß nur eine einzige Gleichgewichtslage des Molekülsystems denkbar sei. Lehmann stellt sich die verschiedenen Modificationen eines Körpers als chemische Verbindungen mehrerer gleichartiger Moleküle zu einem größeren Complex vor. Dem Hauy'schen Gesetze gibt er noch folgende Erweiterung: »Zeigen zwei Körper verschiedene Krystallformen, so sind sie chemisch verschieden, sei es als atomistische oder molekulare Verbindungen.« Hieran schließt Lehmann noch ein zweites Gesetz, das für ihn ebenfalls von fundamentaler Wichtigkeit ist. Es lautet[3]): »Kein Körper besitzt mehr als einen Aggregatzustand; die sogenannten Aggregatzustände eines Körpers sind tatsächlich drei chemisch verschiedene Körper, wenn auch nicht von der Ordnung der atomistisch, sondern der molekular Isomeren.« Vor allem in dem letzten Punkte tritt ihm Schaum[4]) entgegen. Schaum unterscheidet nämlich sowohl chemische als auch physikalische Isomerie, je nachdem die isomeren Körper chemisch oder nur physikalisch von einander unterschieden sind. Dabei stufen sich die Arten der Isomerie von höchster chemischer Verschiedenheit allmählich ab bis zu rein physikalischen Differenzen. Die Ursache der chemischen Isomerie beruht allein auf der Verschiedenheit der chemischen Einzelmolekel der fraglichen Körper. Daher sind chemisch isomere Formen in allen Aggregatzuständen, d. i. sowohl im Gaszustande als auch in flüssiger und fester Form, verschieden. Der Unterschied aber zwischen den Aggregatzuständen selbst und ebenso zwischen den physikalisch Isomeren beruht nicht auf verschiedener Größe der Molekeln, sondern

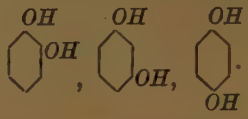
1) Ann. des mines 1876, 7 (X), 165.
2) Lehmann, l. c. 413 und 406.
3) Lehmann, l. c. 413, 414.
4) Schaum, Die Arten der Isomerie. Habilitationsschrift, Marburg 1897.

er ist im wesentlichen energetischer Natur. Die chemische Isomerie — um diese allein (im Sinne Schaums) handelt es sich in der vorliegenden Abhandlung — teilt Schaum in folgende Unterabteilungen, von denen ich je ein oder mehrere Glieder untersucht habe:

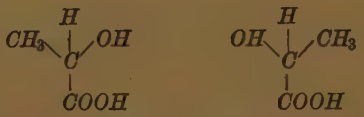
1. Verschiedene Größe der Molekeln: chemische Polymerie.
2. Verschiedener Aufbau der Molekeln: chemische Metamerie.

Die chemische Metamerie zerfällt wieder in:

a) Metamerie im weiteren Sinne: z. B. Äthylalkohol und Methyläther $CH_3—CH_2OH$ und $CH_3—O—CH_3$.

b) Stellungs- oder Ortsisomerie: z. B. Brenzcatechin, Resorcin und Hydrochinon  .

c) Geometrische Isomerie, Stereo- oder Raumisomerie: z. B. Rechts- und Linksmilchsäure



Bei allen diesen Körpern bedingt die verschiedene Anordnung der Atome im Molekül die Verschiedenheit ihrer chemischen Eigenschaften. Geht nun mit dieser chemischen Veränderung auch immer eine Änderung der physikalischen Eigenschaften der isomeren Körper Hand in Hand und ist diese über das ganze Gebiet der Physik verbreitet? Mit dieser Frage hat man sich schon seit langer Zeit beschäftigt; vor allen Dingen aber suchte man zu erforschen, ob die verschiedene Gruppierung der Atome im Molekül einer chemischen Verbindung auf deren optisches Brechungsvermögen bestimmend einwirke oder nicht. So hatten Becquerel, Cahours, Deville sowie besonders Delffs gefunden, daß Körper von gleicher chemischer Zusammensetzung und wenig verschiedener Dichte auch annähernd gleiche Brechungsexponenten besitzen.

Schrauf[1]) berechnete im Jahre 1862 zuerst das sogenannte specifische Brechungsvermögen metamerer und polymerer Substanzen im flüssigen Zustande nach der Formel $\frac{n^2 - 1}{d}$ und kommt zu dem Satz, daß dasselbe für jede Gruppe dieser Körper identisch sei, daß also das Brechungsvermögen nur von der empirischen chemischen Formel, nicht aber von der Structurformel sich abhängig zeige. Die unmittelbare Folge hiervon ist, daß die optischen Eigenschaften der zusammengesetzten Stoffe eine Function

1) Pogg. Ann. 1862, **116**, 192 und 1863, **119**, 570.

der Eigenschaften der Bestandteile, also schließlich der Grundstoffe, sein müssen. Die angegebene Relation zwischen Brechungsexponent und Dichte $\frac{n^2-1}{d}$ = const. war aus der Emanationstheorie gefunden und theoretisch begründet worden (Newton). Die Untersuchungen aber von Biot und Arago, sowie von Dulong über das Brechungsvermögen der Gase ergaben, daß schon die Formel $\frac{n-1}{d}$ vollständig constante Werte liefert, ja bisweilen ergab sie sogar eine erheblich größere Annäherung an die Constanz als die zuerst erwähnte: $\frac{n^2-1}{d}$. Dale und Gladstone[1]) haben diesen Ausdruck auf Flüssigkeiten angewandt und haben auch hier sehr gute Resultate damit erzielt. Ebenso sprechen die Messungen von Landolt[2]) dieser Formel eine größere Gültigkeit zu. Sie wurde zuerst versuchsweise von Beer[3]) aufgestellt. Streng theoretisch läßt sie sich zwar nicht begründen, doch sind die Schwankungen in den erhaltenen Werten, solange Änderungen des Aggregatzustandes ausgeschlossen sind, nur äußerst gering[4]). Eine Folgerung aus der sog. elektromagnetischen Theorie des Lichtes ist die folgende Beziehung zwischen Brechungsvermögen und Dichte eines Körpers: $R = \frac{1}{d} \cdot \frac{n^2-1}{n^2+2}$, in der $R$ eine nicht nur von der Temperatur, sondern auch vom Aggregatzustand unabhängige Constante ist. Diese Formel wurde von L. Lorenz[5]) in Kopenhagen und von H. A. Lorentz[6]) in Leyden aufgestellt. In meinen späteren Berechnungen habe ich nur den zweiten Ausdruck für das specifische Brechungsvermögen, $\frac{n-1}{d}$, benutzt, teils weil meine Untersuchungen sich im gewissen Sinne an die Landolt'sche Arbeit anlehnen, teils weil die durch die obige Formel verursachten Abweichungen hier sicherlich innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler liegen.

Die Flüssigkeiten, die Dale und Gladstone[7]) untersucht haben, waren Isomere der Benzolgruppe und Kohlenwasserstoffe von der Formel $n \cdot (C_5H_4)$. Sie bekamen teils nahe übereinstimmende, teils aber auch stark abweichende Zahlen für das specifische Brechungsvermögen der einzelnen isomeren Gruppen und sie schlossen daraus, daß isomere Verbindungen in ihren

---

1) Phil. transact. 1858, 887.
2) Pogg. Ann. 1864, **123**, 597.
3) Beer, Einl. i. d. höhere Optik 1853, S. 35.
4) Winkelmann, Handb. d. Phys. 1906, II. Aufl., VI, 638 und Riecke, Lehrb. d. Phys. IV. Aufl., 1908, I, 382.
5) Wiedem. Ann. 1880, **11**, 70.
6) Wiedem. Ann. 1880, **9**, 641.
7) l. c.

optischen Eigenschaften zuweilen weit verschieden, in vielen Fällen aber, — besonders, wenn ihre chemische Constitution eine analoge ist — auch identisch sein können.

Auch Landolt[1]) hat in seinen Arbeiten: »Über den Einfluß der atomistischen Zusammensetzung *C*-, *H*- und *O*-haltiger flüssiger Verbindungen auf die Fortpflanzung des Lichtes« eine ganze Anzahl von metameren und polymeren Substanzen einem eingehenden Studium unterzogen. Er kommt zu dem Resultat[2]), daß »metamere Körper, trotzdem dieselben oft erheblich verschiedene Brechungsexponenten und Dichten besitzen, doch in ihrem specifischen Brechungsvermögen sich einander meist sehr nähern. Hier, sowie anschließend auch im Refractionsäquivalent — d. i. Product aus Molekulargewicht und specifischem Brechungsvermögen — findet man nur geringe Abweichungen, die sich durch die Beobachtungsfehler vollkommen erklären lassen, in einigen Fällen aber auch dieselben stark überragende. Da die zusammengesetzten Äther, wie schon früher erwähnt, Körper sind, welche sich nur schwierig ganz rein erhalten lassen, so ist durch dieselben die obwaltende Frage nicht sicher endgültig zu entscheiden; in jedem Falle geht aber aus den erhaltenen Zahlen hervor, daß, wenn die Gruppierung der Atome auf das Brechungsvermögen einen Einfluß hat, dieser nur ein geringer sein kann.«

Bei den polymeren Substanzen findet er, »daß, während Brechungsindex und Dichte für die Verdoppelung der *C*-, *H*- und *O*-Atome sich vermehren, das specifische Brechungsvermögen dagegen in allen Fällen eine kleine Verminderung erfährt. Die Refractionsäquivalente werden daher nicht genau in multiplem Verhältnisse zu einander stehen.« Die von Landolt gefundenen Abweichungen sind bei polymeren Flüssigkeiten größer als bei den isomeren. Sie betragen dort 1—2,5 %, hier dagegen 0,1—0,7 %. Doch finden sich unter den Isomeren drei Ausnahmen, bei denen die Abweichungen 2,2 % übersteigen.

Landolt weist dann weiter nach, daß auch Mischungen aus mehreren Flüssigkeiten, die aber dieselbe procentische Zusammensetzung wie die Isomeren einer Gruppe besitzen, auch dasselbe specifische Brechungsvermögen dieser Gruppe zeigen. Hieraus ergibt sich wiederum, daß das specifische Brechungsvermögen hauptsächlich bedingt ist durch das Äquivalentverhältnis der Elemente, die Atomgruppierung dagegen nur einen geringen Einfluß auf dasselbe ausübt.

Alle bisher erwähnten Autoren haben das specifische Brechungsvermögen nur von Flüssigkeiten bestimmt. Die Beziehung aber zwischen dem

1) Pogg. Ann. 1862, **117**, 353; 1864, **122**, 545; 1864, **123**, 595.
2) Pogg. Ann. 1864, **123**, 603.

specifischen Brechungsvermögen und der chemischen Zusammensetzung von Substanzen im festen, krystallisierten Zustande zu finden, haben bis jetzt nur Barvíř[1]) und Taubert[2]) unternommen und zwar haben beide ihre Untersuchungen auf Mineralien beschränkt. Barvíř benutzt für das specifische Brechungsvermögen die Formel $\frac{n-x}{d}$, in der $n$ der arithmetische Mittelwert der Brechungsexponenten eines Minerals ist, und zwar für einen einaxigen Krystall gleich $\frac{2\omega+\varepsilon}{3}$, für einen zweiaxigen gleich $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3}$ (ich komme auf die Bildung dieser Mittelwerte später selbst noch zu sprechen); $d$ bedeutet die Dichte, $n$ eine für verschiedene Gruppen verschiedene, innerhalb derselben jedoch constante Zahl. Bei der graphischen Darstellung der auf diese Weise gefundenen Werte für das specifische Brechungsvermögen zeigt sich nun, daß die Punkte von drei oder mehreren verwandten Mineralien, wie z. B. von den Carbonaten: Calcit, Aragonit, Magnesit, oder von den Sulfaten: Anhydrit, Cölestin, Baryt, in eine gerade Linie fallen.

Taubert hat im hiesigen mineralogischen Institut die optischen Verhältnisse von polymorphen Mineralien, nämlich von den drei Gruppen: Kalkspat und Aragonit, Anatas, Brookit und Rutil, Andalusit, Sillimanit und Disthen eingehend studiert und auch das specifische Brechungsvermögen dieser drei Gruppen berechnet. Die erhaltenen Werte zeigen innerhalb der einzelnen Gruppen teils geringe, teils aber ganz erhebliche — bis 3,1 % — Abweichungen. Dieser Umstand erinnert sehr an die Verhältnisse, die Landolt bei seinen isomeren organischen Flüssigkeiten gefunden hat. Daher meint Taubert am Schlusse seiner Arbeit, daß, wenn das Landolt'sche Gesetz, daß nämlich das specifische Brechungsvermögen von metameren Substanzen weit angenäherter constant ist als das von polymeren, auch bei krystallisierten Körpern Geltung hätte, man in dem Verhalten des specifischen Brechungsvermögens ein Kriterium hätte für das polymere oder metamere Verhältnis von stöchiometrisch gleich zusammengesetzten Mineralien. Einen Beweis für die Übertragbarkeit des Landolt'schen Gesetzes auf krystallisierte Körper könnte wohl das Verhalten des specifischen Brechungsvermögens von festen organischen isomeren Verbindungen liefern, bei denen sich ja die Art der Isomerie genau bestimmen läßt. An isomeren krystallisierten organischen Verbindungen die Beziehung zwischen ihrem Brechungsvermögen und ihrer Dichte aufzufinden, soll das Ziel dieser Arbeit sein.

---

1) Sitz.-Ber. d. königl. böhm. Ges. d. Wiss. in Prag 1904, Nr. III, 32; Ref. Neues Jahrb. f. Min. usw. 1905, **2**, 169 und diese Zeitschr. 1906, **42**, 410.

2) Taubert, Beitrag zur Kenntnis polymorpher Körper. Inaug.-Diss., Jena 1905, S. 45—53. Ausz. diese Zeitschr. 1908, **44**, 313.

## II. Untersuchungsmethoden.

Es möchte wohl scheinen, als ob bei der ungeheuren Anzahl von bekannten metameren und polymeren Verbindungen es ein Leichtes wäre, einige Gruppen auszuwählen, deren Glieder sämtlich gut krystallisieren. Aber dies ist durchaus nicht der Fall. Gewöhnlich krystallisiert eine Substanz einer isomeren Reihe ganz gut, die übrigen dagegen gar nicht oder nur in Blättchen oder sehr feinen Nadeln, die weder eine krystallographische noch optische Untersuchung gestatten. So ist es mir, trotzdem mir zahlreiches Material von isomeren organischen Verbindungen zur Verfügung stand, nur gelungen, fünf metamere Gruppen in einigermaßen gut ausgebildeten Krystallen zu erhalten. Von den polymeren Substanzen dagegen konnte trotz eifrigen Bemühens überhaupt nur eine einzige Gruppe untersucht werden. Hier liegt die Sache gewöhnlich so, daß das eine Glied der Reihe wohl Krystalle bildet, das andere dazu polymere aber ein Öl ist. Die Untersuchungen der erhaltenen Krystalle war mit sehr großen, unvorhergesehenen Schwierigkeiten verknüpft. Darin stimme ich mit Grailich vollständig überein, der in der Einleitung zu seiner Preisschrift: Krystallographische und optische Untersuchungen[1]) sagt: »Jeder, der sich mit ähnlichen Untersuchungen beschäftigt, kennt die zahllosen Hemmnisse, die sich hier darbieten, in dem Mangel brauchbarer Krystallindividuen, in der nicht unbeträchtlichen Schwierigkeit des Schliffes, in der raschen Veränderlichkeit chemischer Präparate, in der Seltenheit brauchbarer Apparate.«

### a. Die Krystallisation

der untersuchten Stoffe ging vor sich durch freiwilliges Verdunsten des Lösungsmittels einer gesättigten Lösung, die mit den am vollkommensten und allseitig ausgebildeten schon verhandenen oder bereits erhaltenen Kryställchen geimpft wurde. Die Lösungen befanden sich in den meisten Fällen in 8—10 cm weiten Krystallisierschalen, die teils mit Glasplatten leicht bedeckt, teils unbedeckt blieben, und waren in einem der Krystallisierkeller des hiesigen Instituts bei constanter Temperatur von ca. 16° C. untergebracht. Als Lösungsmittel wurden Aethylalkohol, Methylalkohol, Äther, Ligroïn, Benzol, Toluol, Essigester und Wasser benutzt. Bei diesen Krystallisationsversuchen stellte sich heraus, daß man bedeutend besser und größer ausgebildete Krystalle mit gut entwickelten Flächen erhält, wenn man nicht nur ein einziges Lösungsmittel anwendet, sondern entweder diesem eine kleine Menge eines anderen beifügt oder die Substanz in einem Gemische von zwei oder mehreren Lösungsmitteln auskrystallisieren läßt. Auf diese

1) Wien und Ölmütz 1858.

Weise bekam ich einzelne Krystalle von ganz beträchtlicher Größe (von mehreren Centimetern) und zwar von Substanzen, die man bis jetzt im festen Zustande nur in Form von dünnen Blättchen oder feinen Nadeln gekannt hat.

Um die Identität der krystallisierten Substanz mit der ursprünglichen festzustellen, wurden in allen Fällen, in denen dies möglich war, die Schmelzpunkte derselben wiederholt bestimmt. Die erhaltenen Werte finden sich dann stets neben den von Beilstein angegebenen gleich am Anfange der krystallographischen Beschreibung der betreffenden Substanz.

In den meisten Fällen mußten die Krystalle sofort nach ihrer Entnahme aus der Mutterlauge goniometrisch gemessen werden, da sie leicht an der Luft verwitterten, dadurch matt wurden und dann undeutliche Reflexe gaben. So sind z. B. die anfangs klar durchsichtigen Krystalle des orthophenolsulfosauren Kalis schon nach $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Stunde vollständig weiß und undurchsichtig geworden.

Für die Winkelmessungen wurde ein horizontales Reflexionsgoniometer benutzt.

### b. Das specifische Gewicht

wurde ausschließlich nach der sogenannten Schwebemethode bestimmt.[1] Als Flüssigkeiten wurden hierbei die Thoulet'sche Lösung und Methylenjodid verwendet. Um die Ungenauigkeit bei der Bestimmung, die durch Einschlüsse im Krystalle hervorgerufen wird, möglichst zu vermeiden, wurden die Krystallsplitter, wenn sie schwebten, mit einem Glasstabe an der Gefäßwand zerdrückt, und nun genau beobachtet, ob die entstandenen Teilchen sinken oder steigen. Gewöhnlich schwebten sie dann alle. Wenn dies aber nicht der Fall war, so wurde das specifische Gewicht des gesunkenen Teilchens als das der betreffenden Substanz zukommende angenommen. Die Bestimmungen wurden öfters wiederholt und dabei mehr oder weniger große Abweichungen festgestellt, was ebenfalls bei der krystallographischen Beschreibung der einzelnen Substanzen zu ersehen ist. Es ist dort der niedrigste und der höchste der auf diese Weise gefundenen Werte angegeben. Letzteren habe ich ohne Ausnahme bei allen späteren Berechnungen benutzt.

### c. Die optische Untersuchung

war mit noch viel größeren Schwierigkeiten als alle anderen verknüpft. Die Brechungsexponenten wurden für die drei Frauenhofer'schen Linien *C*, *D* und *F* bestimmt. Hierzu wurde in den meisten Fällen ein Abbe-Pulfrich'sches Krystallrefractometer benutzt, das mir von der Firma Carl Zeiß in Jena in liebenswürdiger Weise während der ganzen Zeit meiner Untersuchungen zur Verfügung gestellt wurde.

Die Constanten der Halbkugel sind folgende: $n_D = 1{,}90685$.

$$C - F = 0{,}04187, \quad D - F = 0{,}03037; \quad \nu = 21{,}65.$$

Als Lichtquellen dienten eine Natriumflamme und eine Geißler'sche Röhre. Letztere wurde mit einem Condensor verbunden, wie ihn die Firma Carl Zeiß für Beleuchtungsapparate liefert. Um die beiden Wasserstofflinien $C$ und $F$ besser von einander unterscheiden zu können, wurde teils ein rotes oder ein blaues Farbenfilter dem Condensor vorgesetzt, teils wurden, besonders, weil das blaue Filter zuviel Licht absorbierte und deshalb die Curven im Gesichtsfelde nur sehr schwach hervortraten, zwei Amiciprismen vor dem Condensor angebracht. Dadurch wurde erreicht, daß die beiden Wasserstofflinien weit von einander getrennt wurden, und daß so ebenfalls entweder nur rotes oder nur blaues Licht auf den Spiegel des Refractometers gelangte, je nachdem der Condensor mittels seiner Zahn- und Triebbewegung gehoben oder gesenkt wurde. Das Gesichtsfeld war in diesem Falle viel intensiver beleuchtet als bei der Anwendung des Farbenfilters.

Wenn es die Größe der Krystallplatte und ihre Politur erlaubten, wurde immer mit dem vergrößernden Fernrohre beobachtet. Als Adhäsionsflüssigkeiten wurden verwendet: Monobromnaphtalin, Rohrbach'sche Lösung, Methylenjodid, Cassiaöl und Anilin. Die Brechungsexponenten dieser Flüssigkeiten finden sich in der Pulfrich'schen Abhandlung über das Totalrefractometer[1]). Für sehr stark lichtbrechende Substanzen war vom besten Erfolge eine Lösung von Schwefel in Methylenjodid, die frisch bereitet einen Brechungsexponenten für die $D$-Linie gleich 1,774—1,83 je nach der Concentration des Schwefels besitzt[2]). Leider zerstört das Methylenjodid leicht die Politur des stark lichtbrechenden Glases[1]), wenn es längere Zeit darauf einwirkt. Beobachtet man aber immer nur kurze Zeit hinter einander und wäscht dazwischen jedesmal sofort nach der Abnahme des Krystalles die Halbkugel mit Alkohol ab, so ist der Schaden nur sehr gering. Die leichte Verdunstbarkeit des Methylenjodids wirkte bei meinen Untersuchungen niemals störend. Alle Bemühungen, brauchbare, noch stärker lichtbrechende Flüssigkeiten als die erwähnten zu bekommen, waren umsonst. Die in der Literatur angeführten Flüssigkeiten von sehr hohem Brechungsexponent zerstörten alle sofort die Politur der Krystallplatten.

Das Schleifen und Polieren der Krystalle erforderte außerordentlich

---

1) Pulfrich, Das Totalreflectometer, Leipzig 1890, S. 65. In der dortigen Tabelle der stark lichtbrechenden Flüssigkeiten ist ein Irrtum unterlaufen, wie sich bei einer persönlichen Aussprache mit Herrn Dr. Pulfrich herausstellte. Für Phenylsulfid ist der Wert 1,95 angegeben. Der Brechungsexponent für Phenylsulfid beträgt aber bei 20° nur 1,623 wie schon Abbe angibt. (Abbe, Über die Best. der Brechungsexp. fest. Körper mit dem Refractometer. Sitz.-Ber. d. Jenaischen Ges. 1879.)

2) Schroeder van der Kolk, Tabellen zur mikroskopischen Bestimmung von Mineralien nach ihrem Brechungsexponenten. II. Aufl., Wiesbaden 1906.

viel Sorgfalt und Mühe, da die Krystalle nicht immer sehr groß waren, gewöhnlich sich auch auf Glasplatten nicht aufkitten ließen, da sie beim Erwärmen sich meist zersetzten. Dazu waren sie zum großen Teil verhältnismäßig weich und nahmen oft eine Politur nur sehr schwer an. Zahlreiche Krystalle sind bei diesen Operationen in Trümmer gegangen.

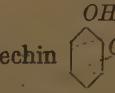
In allen Fällen, wo entweder die Größe der Lichtbrechung oder die Löslichkeit der Substanz in den stark lichtbrechenden Flüssigkeiten die Anwendung der Methode der Totalrefraction unmöglich machten, wurden die Brechungsexponenten mit Hilfe der Methode der Minimalablenkung bestimmt. Das Schleifen und Polieren der Prismen wurde ebenso wie das der Platten von der Firma Carl Zeiß auf das Sorgfältigste ausgeführt, wofür ich der Firma zu großem Danke verpflichtet bin. Von der Genauigkeit der geschliffenen Prismen legen die Tabellen I und II (S. 254) beredtes Zeugnis ab. In diesen Tabellen finden sich die Brechungsexponenten für $\alpha$ und $\gamma$ von Paradinitrotoluol 1.2.6, das eine Mal mit Hilfe des Refractometers, das andere Mal nach der Methode der Minimalablenkung bestimmt. Die Abweichungen sind äußerst gering und als Beobachtungsfehler anzusehen.

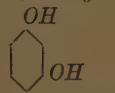
Die Temperatur, bei der alle Beobachtungen und Bestimmungen gemacht worden sind, war Zimmertemperatur von 15°—18° C.

Ich lasse zunächst die krystallographischen Beschreibungen der einzelnen organischen Substanzen folgen. Sie sind so geordnet, daß zuerst die Gruppe der Metameren im weiteren Sinne, dann drei Gruppen von Stellungsisomeren behandelt werden, von denen in der letzten Gruppe — derjenigen der Codeïne — zwei Glieder in der Lösung optisch isomer sind. Dann folgt die Gruppe der Polymeren.

I. Gruppe: $C_4H_6O_4$. a. Oxalsaures Methyl $\begin{matrix} COO.CH_3 \\ | \\ COO.CH_3 \end{matrix}$

b. Bernsteinsäure $\begin{matrix} CH_2.COOH \\ | \\ CH_2.COOH \end{matrix}$

II. Gruppe: $C_6H_6O_2$. a. Brenzcatechin 

b. Resorcin 

c. Hydrochinon 

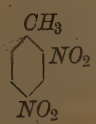
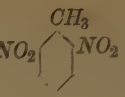
III. Gruppe: $C_7H_6N_2O_4$. a. Orthodinitrotoluol 1.2.4 

Tabelle I. Die Brechungsexponenten $\alpha$ und $\gamma$ von Paradinitrotoluol 1.2.6, bestimmt nach der Methode der Totalrefraction.

| $\alpha$ | | | | | | $\gamma$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | | Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | |
| *C* | *D* | *F* | *C* | *D* | *F* | *C* | *D* | *F* | *C* | *D* | *F* |
| 51°6,3′ | 50°50,6′ | | 1,4752 | 1,4786 | | 65°29,0′ | 65°24,2′ | 65°28,1′ | 1,7245 | 1,7338 | 1,7624 |
| 6,0 | 50,5 | Die Curve | 1,4751 | 1,4786 | | 28,4 | 24,8 | 27,4 | 1,7243 | 1,7339 | 1,7622 |
| 7,0 | 50,0 | war nicht | 1,4757 | 1,4784 | | 28,7 | 25,9 | 27,8 | 1,7244 | 1,7342 | 1,7623 |
| 6,9 | 51,3 | scharf ge- | 1,4757 | 1,4788 | | 28,9 | 25,3 | 28,3 | 1,7244 | 1,7340 | 1,7624 |
| 6,0 | 51,0 | nug. | 1,4751 | 1,4787 | | 29,4 | 24,6 | 27,6 | 1,7246 | 1,7339 | 1,7622 |
| 6,2 | 51,2 | | 1,4751 | 1,4788 | | 29,3 | 25,0 | 27,8 | 1,7246 | 1,7340 | 1,7623 |
| 6,6 | 51,0 | | 1,4753 | 1,4787 | | 28,8 | 24,4 | 28,5 | 1,7244 | 1,7338 | 1,7624 |
| | | Mittelwerte: | 1,4753 | 1,4787 | | | | Mittelwerte: | 1,7245 | 1,7339 | 1,7623 |
| | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,7 | 0,4 | | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,3 | 0,4 | 0,2 |

Tabelle II. Die Brechungsexponenten $\alpha$ und $\gamma$ von Paradinitrotoluol 1.2.6, bestimmt nach der Methode der Minimalablenkung.

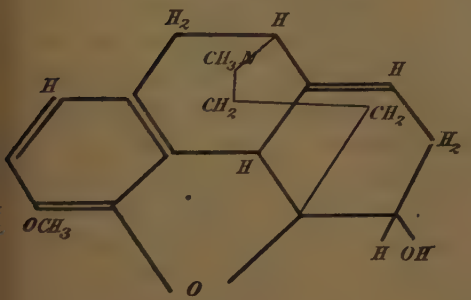
| $\alpha$ Prismenwinkel: 44° 44′ 30″ | | | | | | $\gamma$ Prismenwinkel: 50° 48′ 16″ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Winkel der kleinsten Ablenkung | | | Brechungsexponenten | | | Winkel der kleinsten Ablenkung | | | Brechungsexponenten | | |
| *C* | *D* | *F* | *C* | *D* | *F* | *C* | *D* | *F* | *C* | *D* | *F* |
| 21°41′ 45″ | 21°50′ 15″ | 22°16′ 30″ | 1,4757 | 1,4787 | 1,4878 | 44°36′ 30″ | 45°19′ 15″ | 47°23′ 15″ | 1,7244 | 1,7341 | 1,7619 |
| 41 30 | 50 45 | 14 15 | 1,4756 | 1,4788 | 1,4870 | 36 30 | 19 15 | 23 15 | 1,7244 | 1,7341 | 1,7619 |
| 42 15 | 50 45 | 15 15 | 1,4759 | 1,4788 | 1,4874 | 36 45 | 19 0 | 22 30 | 1,7245 | 1,7340 | 1,7618 |
| 41 45 | 50 45 | 16 0 | 1,4757 | 1,4788 | 1,4876 | 36 30 | 19 15 | 23 0 | 1,7244 | 1,7341 | 1,7619 |
| 42 0 | 50 45 | 16 0 | 1,4758 | 1,4788 | 1,4876 | 36 30 | 19 15 | 23 15 | 1,7244 | 1,7341 | 1,7619 |
| 41 30 | 50 30 | 15 45 | 1,4756 | 1,4788 | 1,4875 | 36 45 | 19 0 | 22 45 | 1,7245 | 1,7340 | 1,7618 |
| 42 0 | 50 45 | 16 15 | 1,4758 | 1,4788 | 1,4877 | 36 45 | 19 15 | 23 0 | 1,7245 | 1,7341 | 1,7619 |
| | | Mittelwerte: | 1,4757 | 1,4788 | 1,4875 | | | Mittelwerte: | 1,7244 | 1,7341 | 1,7619 |
| | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,3 | 0,1 | 0,7 | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,2 | 0,1 | 0,1 |

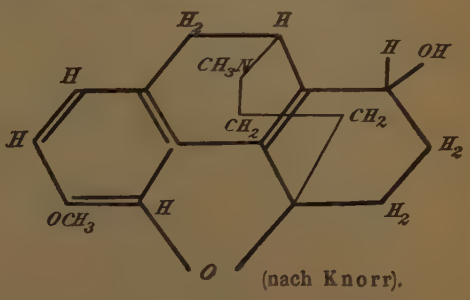
b. Paradinitrotoluol 1.2.6 

IV. Gruppe: $C_{18}H_{21}NO_3$.

a. Codeïn } optisch
a'. Isocodeïn } isomer.

b. Pseudocodeïn } optisch
[b'. Allopseudocodeïn (Öl)] } isomer.





(nach Knorr).

V. Gruppe: $(CN.NH_2)n$. a. Dicyandiamid $(CN.NH_2)_2$.
b. Melamin $(CN.NH_2)_3$.

## III. Krystallographische Beschreibung der untersuchten Substanzen.

**1. Oxalsaures Dimethyl** $\begin{matrix} COO.CH_3 \\ | \\ COO.CH_3 \end{matrix}$.

Schmelzpunkt: 54°[1]). Gefunden: 54,5°—55°.

Das untersuchte oxalsaure Dimethyl war von C. A. F. Kahlbaum in Berlin bezogen worden. Als Lösungsmittel wurden Wasser, Alkohol und Essigester angewandt. Krystalle wurden jedoch nur aus Lösungen der beiden letzten erhalten. Beim Lösen der Substanz in Wasser und Alkohol darf man nur sehr vorsichtig erhitzen; denn schon nach kurzer Zeit tritt beim Erwärmen dieser Lösungen auf dem Wasserbade Verseifung des oxalsauren Methyls ein. Die Lösungen riechen dann stark nach Ameisensäure, und, wenn man erkalten und das Lösungsmittel verdunsten läßt, erhält man schöne monokline, nach der Basis (001) tafelförmige Krystalle von Oxalsäure $(COOH)_2 + 2$ aq. Diese Krystalle hatten einen Schmelzpunkt von ca. 99°, ein spec. Gewicht von 1,618 und ihre goniometrischen Messungen stimmen mit den von Rammelsberg[2]) für Oxalsäure angegebenen Werten gut überein.

Die Krystalle von oxalsaurem Methyl, die aus Lösungen in Alkohol oder Essigester erhalten wurden, sind monoklin und zeigen eine Ausbil-

1) Beilstein I, 638.
2) Rammelsberg, Handb. d. kryst.-phys. Chemie, Leipzig 1882, II.

dung, die sehr an die des Gypses erinnert. Dünntafelig nach der seitlichen Endfläche, gestreckt nach der $a$-Axe, zeigen sie außer der seitlichen Endfläche $b\{010\}$ nur noch das Prisma $m\{110\}$ und das Klinodoma $q\{011\}$ (Fig. 1). Sie sind farblos, klar durchsichtig, ziemlich weich und sehr biegsam; mit Leichtigkeit lassen sie sich zu korkzieherähnlichen Formen winden, ohne zu zerbrechen. Sie erreichen eine Größe bis über einen Centimeter. Leider sind die Domen- und Prismenflächen äußerst schlecht entwickelt und geben deshalb überhaupt keinen oder ganz verzerrte Reflexe, sodaß genaue Winkelmessungen nicht vorgenommen werden konnten. Die ersteren Flächen sind fast immer vollständig zerrissen, die letzteren gewölbt, sodaß die Krystalle an beiden Enden der $a$-Axe manchmal wie abgeschmolzen erscheinen, besonders, da auch keine Kante wahrzunehmen ist. Die Messungen der Prismen- und Klinodomenzone der am besten ausgebildeten Krystalle ergaben als Mittelwerte für die Winkel:

Fig. 1.




$$m : b = (110) : (010) = 44^{0}32'$$
$$q : b = (011) : (010) = 71\ 30$$

Den Winkel zwischen Klinodoma und Prisma vermochte ich mit Hilfe des Goniometers an keinem Krystall festzustellen. Dagegen habe ich versucht, unter dem Mikroskop den spitzen Winkel $\beta$ auf der seitlichen Endfläche (010) zu messen. Von zwanzig Beobachtungen, deren höchster und kleinster Wert um ca. 3° differierten, erhielt ich als Mittelwert für $\beta$ den Winkel 79°5′. Mit Hilfe dieser drei Winkel berechnet sich das Axenverhältnis, das jedoch nur auf eine angenäherte Genauigkeit Anspruch machen darf, wie folgt:

$$a : b : c = 1{,}0351 : 1 : 0{,}3346; \quad \beta = 101^{0}55'.$$

Die Spaltbarkeit nach der seitlichen Endfläche (010) ist sehr vollkommen.

Das spec. Gewicht wurde in Thoulet'scher Lösung bei 15° zu 1,422 bestimmt.

Optische Axenebene ist die Symmetrieebene (010). Die erste Mittellinie geht der $a$-Axe fast parallel. Der Charakter der Doppelbrechung ist positiv. Die Brechungsexponenten, die sich in der Tabelle III, S. 257 finden, wurden mit Hilfe des Krystallrefractometers an einem Spaltblättchen nach der seitlichen Endfläche (010) bestimmt. Als Adhäsionsflüssigkeit diente $\alpha$-Monobromnaphtalin. Die Stärke der Doppelbrechung beträgt:

$$\gamma_{D} - \alpha_{D} = 0{,}1344.$$

Tabelle III.

Die drei Brechungsexponenten von oxalsaurem Dimethylester.

| | Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| | 48°21,7′ | 48°1,6′ | 47°26,0′ | 1,4165 | 1,4176 | 1,4268 |
| | 21,6 | 2,4 | 26,3 | 1,4165 | 1,4179 | 1,4269 |
| | 20,4 | 2,3 | 25,3 | 1,4160 | 1,4179 | 1,4265 |
| | 19,9 | 2,6 | 26,2 | 1,4159 | 1,4180 | 1,4268 |
| $\alpha$ | 20,3 | 1,2 | 26,9 | 1,4160 | 1,4175 | 1,4271 |
| | 20,8 | 1,9 | 26,3 | 1,4162 | 1,4177 | 1,4265 |
| | 21,1 | 1,5 | 25,5 | 1,4163 | 1,4176 | 1,4266 |
| | | | Mittelwert: | 1,4162 | 1,4177 | 1,4267 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler[1]: | 0,6 | 0,5 | 0,6 |
| | 50°24,5′ | 50°1,7′ | 49°23,8′ | 1,4606 | 1,4613 | 1,4708 |
| | 23,9 | 2,7 | 23,0 | 1,4604 | 1,4617 | 1,4705 |
| | 24,7 | 3,4 | 23,1 | 1,4606 | 1,4619 | 1,4705 |
| | 23,0 | 1,3 | 21,9 | 1,4601 | 1,4612 | 1,4701 |
| $\beta$ | 22,6 | 2,0 | 22,1 | 1,4599 | 1,4614 | 1,4702 |
| | 23,4 | 2,8 | 22,7 | 1,4602 | 1,4617 | 1,4704 |
| | 23,0 | 2,9 | 22,8 | 1,4601 | 1,4617 | 1,4704 |
| | | | Mittelwert: | 1,4603 | 1,4616 | 1,4704 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,7 | 0,7 | 0,2 |
| | 53°51,0′ | 54°29,3′ | 53°48,4′ | 1,5498 | 1,5522 | 1,5634 |
| | 53,1 | 29,1 | 46,4 | 1,5504 | 1,5521 | 1,5628 |
| | 53,4 | 29,6 | 47,5 | 1,5505 | 1,5523 | 1,5631 |
| | 51,8 | 29,2 | 47,9 | 1,5500 | 1,5521 | 1,5632 |
| $\gamma$ | 52,0 | 28,9 | 45,4 | 1,5501 | 1,5520 | 1,5624 |
| | 52,8 | 29,2 | 47,4 | 1,5503 | 1,5521 | 1,5631 |
| | 52,9 | 29,0 | 47,5 | 1,5503 | 1,5521 | 1,5631 |
| | | | Mittelwert: | 1,5502 | 1,5521 | 1,5630 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,6 | 0,1 | 0,8 |

## 2. Bernsteinsäure $COOH.CH_2.CH_2.COOH$.

Schmelzpunkt: 184°[2]. Gefunden: 184°—184,5°.

Die Bernsteinsäure, die zur Untersuchung gelangte, war gleichfalls von C. A. F. Kahlbaum in Berlin bezogen worden. Aus wässeriger Lösung

---

1) Der wahrscheinliche Fehler wird nach Kohlrausch, Lehrbuch der praktischen Physik, X. Aufl., 1905, S. 2, wie folgt gefunden: $W = \pm \frac{2}{3} \cdot \sqrt{\frac{S}{n \cdot (n-1)}}$, worin $n$ die Anzahl der einzelnen Bestimmungen bedeutet. $S$ ist die Summe der Fehlerquadrate, also $S = \Delta_1^2 + \Delta_2^2 + \Delta_3^2 + \cdots \Delta_n^2$, wobei $\Delta_1 \ldots \Delta_n$ die Abweichungen der einzelnen Bestimmungen vom arithmetischen Mittel darstellen.

Die in der obigen Tabelle angegebenen Werte für den wahrscheinlichen Fehler sind, wie dies auch in allen folgenden Tabellen geschehen muß, mit dem Factor $10^{-4}$ zu multiplicieren. Es bedeutet also: Wahrscheinlicher Fehler = 0,6. Das Product $0{,}6 \cdot 10^{-4} = 0{,}00006$.

2) Beilstein, 3. Aufl., I, 653.

scheiden sich bei einer Temperatur von 18° C. farblose, klar durchsichtige Krystalle von einer Größe von mehreren Millimetern aus. Wenn auch nicht die Ausbildung der erhaltenen Krystalle, so stimmen doch die Winkelmessungen mit den Beobachtungen von Wyrouboff[1]) vollkommen überein, sodaß ich die Angaben dieses Beobachters folgen lasse:

Krystallsystem: Monoklin-prismatische Klasse.

$$a : b : c = 0{,}5688 : 1 : 0{,}6195; \quad \beta = 91°20'.$$

Rammelsberg[2]) gibt das Axenverhältnis:

$$a : b : c = 0{,}5739 : 1 : 0{,}5984$$

an. Er hielt die Krystalle der Bernsteinsäure für rhombisch.

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $o\{111\}$, $q\{011\}$, selten $x\{121\}$.

Die letzte Form konnte an keinem der von mir untersuchten Krystalle beobachtet werden. Die Ausbildung der Krystalle war ebenfalls zum Teil tafelförmig nach der Basis (001), auch wurden einige Zwillinge nach derselben Fläche festgestellt, ganz entsprechend den Angaben von Wyrouboff. Die größere Anzahl der Krystalle war jedoch prismatisch nach der $c$-Axe ausgebildet.

Die gemessenen bezw. berechneten Winkel sind folgende:

| | Wyrouboff. | | Rammelsberg. | Verfasser. |
|---|---|---|---|---|
| Winkel: | Berechnet: | Beobachtet: | Beobachtet: | Beobachtet: |
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0)$ | = 59°16′ | 59°20′ | 59°20′ | 59°18′ |
| $m : c = (110) : (001)$ | — | *88 50 | — | 88 45 |
| $o : b = (111) : (010)$ | — | *67 30 | 67 44 | 67 27 |
| $o : c = (111) : (001)$ | — | *50 42 | 50 5 | 50 48 |
| $x : b = (121) : (010)$ | 50 22 | 50 27 | — | — |
| $q : c = (011) : (001)$ | 31 46 | 31 50 | 31 0 | 31 52 |
| $q : o = (011) : (111)$ | 42 16 | 42 18 | — | 42 23 |
| $q : m = (011) : (110)$ | 73 54 | 73 40 | — | — |
| $q : m = (011) : (\bar{1}10)$ | 75 56 | 75 45 | — | — |

Die Spaltbarkeit nach der seitlichen Endfläche (010) ist vollkommen, nach der Pyramidenfläche (111) faserig.

Das spec. Gewicht wurde in Methylenjodid bestimmt zu 1,562—1,567 bei 15° C. Bödeker[3]) gibt dafür 1,552 an.

Die optische Axenebene ist gleich der Symmetrieebene (010); die erste Mittellinie bildet mit der $c$-Axe im stumpfen Winkel $\beta$ einen Winkel von $45\frac{3}{4}°$. Eine optische Axe steht fast senkrecht auf der Basis. Der Charakter

1) Diese Zeitschr. 1896, **25**, 309.
2) Rammelsberg, kryst.-phys. Chemie 1882, II, 209.
3) Jahresber. d. Chemie 1860, 17.

Tabelle IV.

Die drei Brechungsexponenten der Bernsteinsäure.

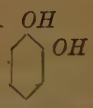
| | Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| $\alpha$ | 49°50,3′ | 49°31,1′ | 48°43,8′ | 1,4484 | 1,4503 | 1,4560 |
| | 51,0 | 31,4 | 42,0 | 1,4487 | 1,4504 | 1,4554 |
| | 50,5 | 31,3 | 42,5 | 1,4486 | 1,4504 | 1,4556 |
| | 51,1 | 30,5 | 44,2 | 1,4488 | 1,4502 | 1,4562 |
| | 50,1 | 30,7 | 43,2 | 1,4484 | 1,4502 | 1,4558 |
| | | | Mittelwert: | 1,4486 | 1,4503 | 1,4558 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,4 | 0,3 | 1,0 |
| $\beta$ | 53°54,4′ | 53°33,0′ | 52°43,0′ | 1,5316 | 1,5338 | 1,5414 |
| | 54,9 | 33,1 | 40,4 | 1,5317 | 1,5339 | 1,5405 |
| | 55,2 | 33,6 | 41,2 | 1,5318 | 1,5339 | 1,5408 |
| | 53,6 | 33,0 | 42,8 | 1,5313 | 1,5338 | 1,5413 |
| | 53,2 | 33,0 | 41,4 | 1,5312 | 1,5338 | 1,5408 |
| | | | 42,6 | | | 1,5412 |
| | | | 42,2 | | | 1,5411 |
| | | | Mittelwert: | 1,5315 | 1,5338 | 1,5410 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,8 | 0,2 | 0,8 |
| $\gamma$ | 57°55,6′ | 57°36,2′ | 56°45,1′ | 1,6060 | 1,6100 | 1,6201 |
| | 56,3 | 36,1 | 46,2 | 1,6062 | 1,6100 | 1,6205 |
| | 57,1 | 36,0 | 45,5 | 1,6065 | 1,6100 | 1,6202 |
| | 57,0 | 36,3 | 46,7 | 1,6064 | 1,6101 | 1,6206 |
| | 55,4 | 35,7 | 46,1 | 1,6060 | 1,6099 | 1,6204 |
| | | | Mittelwert: | 1,6062 | 1,6100 | 1,6204 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,7 | 0,2 | 0,7 |

der Doppelbrechung ist negativ. Die Brechungsexponenten finden sich in obenstehender Tabelle IV. Sie wurden mittels des Refractometers an einem Spaltblättchen nach der seitlichen Endfläche {010} bestimmt. Als stark lichtbrechende Flüssigkeit wurden $\alpha$-Monobromnaphtalin und für die Bestimmung von $\gamma$ Methylenjodid verwandt. Mit Hilfe der Brechungsexponenten wurde der optische Axenwinkel berechnet nach der Formel[1]): $\cos V = \sqrt{\frac{\frac{1}{\beta^2} - \frac{1}{\gamma^2}}{\frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{\gamma^2}}}$. Er beträgt $2V_a = 52°2'$. Die Stärke der Doppelbrechung ist: $\gamma_D - \alpha_D = 0{,}1597$.

Die drei Glieder der folgenden isomeren Gruppe: Brenzcatechin, Resorcin und Hydrochinon waren von der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen a. Rh. in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt worden, wofür ich an dieser Stelle meinen Dank ausspreche.

1) Groth, Physikal. Kryst. IV. Aufl., Leipzig 1905, 136.

### 3. Brenzcatechin




Schmelzpunkt: 104°[1]). Gefunden: 103°—105,5°.

Als Lösungsmittel für das Brenzcatechin wurden verschiedene Flüssigkeiten benutzt, jedoch nicht mit gleichem Erfolg. Aus wässeriger Lösung wurden feine lange Nadeln, aus Lösungen in Benzol dünne schuppige Blättchen erhalten, die zur krystallographischen Untersuchung nicht brauchbar waren. Dagegen scheiden sich aus Lösungen in Ligroin und Äther, wie Beckenkamp[2]) zuerst angibt (am besten bei einem Volumenverhältnis von 2 : 1), sehr schöne, manchmal über 1 cm große Krystalle mit stark glänzenden Flächen aus. Da die Lösungsmittel sehr schnell verdunsten, so ist es ratsam, die Krystallisation bei niedriger Temperatur (14°—15° C.) vor sich gehen zu lassen und die Schalen bis auf eine kleine Öffnung zu bedecken. Groth[3]) bezeichnete die Krystallform des Brenzcatechins als rhombisch, jedoch hat er eine genaue Untersuchung der Krystalle nicht vornehmen können. Negri[4]) in Genua hat zuerst Krystalle von Brenzcatechin gemessen, die aber im allgemeinen unvollkommene, abgerundete, schlecht spiegelnde Flächen zeigten, und sie auf Grund dieser Messungen und ihres optischen Verhaltens als monoklin bestimmt. Die neuesten krystallographischen Untersuchungen rühren von Beckenkamp[5]) her. Seine Winkelmessungen stimmen mit den meinigen, so weit ich sie infolge der etwas abweichenden Ausbildung feststellen konnte, vollkommen überein:

| | | Beckenkamp. | | Negri. | Verfasser. |
|---|---|---|---|---|---|
| | Winkel: | Berechnet: | Beobachtet: | Beobachtet: | Beobachtet: |
| $a:p$ | = (100) : (110) = | — | *58° 4′ | 58° 40′ | 58° 8′ |
| $a:c$ | = (100) : (001) | — | *85 45 | 86 32 | 85 37 |
| $c:o$ | = (001) : (121) | — | *63 46 | — | — |
| $c:p$ | = (001) : (110) | 87° 45′ | 88 4 | 88 17 | 87 55 |
| $o:o$ | = (121) : ($1\bar{2}1$) | 117 46 | 118 13 | — | — |
| $a:o$ | = (100) : (121) | 72 34 | 72 38 | — | — |
| $o:p$ | = (121) : (110) | 27 44 | 27 58 | — | — |

Aus diesen Messungen berechnet sich das Axenverhältnis:

$$a:b:c = 1{,}6086 : 1 : 1{,}0229;\ \beta = 94°15'.$$

Negri fand: $a:b:c = 1{,}6133 : 1 : ?;\ \beta = 86°32'$.

---

1) Beilstein, 3. Aufl., II, 907; Erg.-Bd. II, 545.
2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1870, **3**, 450.
3) Diese Zeitschr. 1900, **33**, 599.
4) Diese Zeitschr. 1899, **30**, 187.
5) l. c.

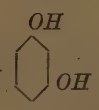
Die untersuchten Krystalle zeigten folgende Formen: das Prisma $m\{110\}$, die vordere Endfläche $a\{100\}$ und die Basis $c\{001\}$. Die meisten Krystalle waren tafelförmig nach der vorderen Endfläche (100) ausgebildet, die Tafeln zum größten Teile nach der $b$-Axe verlängert, bei einigen auch nach der $c$-Axe, aber nur sehr wenige Krystalle waren tafelförmig nach der Basis (001) ausgebildet. Die beiden letzten Typen hat Beckenkamp aus denselben Lösungsmitteln erhalten. Die Basis ist zumeist schlecht entwickelt, manchmal sogar hohl infolge des stärkeren Kantenwachstums. Eine Pyramide $o\{121\}$, wie sie Beckenkamp angibt, konnte an keinem der erhaltenen Krystalle festgestellt werden. Alle übrigen Beobachtungen Beckenkamps wurden bestätigt gefunden.

Nach der vorderen Endfläche (100) besteht vollkommene Spaltbarkeit. Die optische Axenebene geht annähernd parallel (100), die erste Mittellinie annähernd parallel der $c$-Axe. Die Schiefe der Auslöschung auf der seitlichen Endfläche (010) gegen die Verticalaxe $c$ beträgt $6^0$—$7^0$. Der Charakter der Doppelbrechung ist positiv; ihre Stärke $\gamma_D - \alpha_D = 0{,}1292$. Als Brechungsexponenten »für mittlere Farben« gibt Beckenkamp an:

$$\alpha = 1{,}595, \quad \beta = 1{,}609, \quad \gamma = 1{,}747.$$

Die von mir gefundenen Werte stehen in der Tabelle V, Seite 262. Sie wurden mit Hilfe des Refractometers an einem Spaltblättchen nach (100) und an einer ungefähr parallel der Basis angeschliffenen Fläche bestimmt. Als Adhäsionsflüssigkeiten dienten $\alpha$-Monobromnaphtalin und für die Bestimmung von $\gamma$ eine Lösung von Schwefel in Methylenjodid.

Das spec. Gewicht erhielt ich in Methylenjodid zu 1,367—1,375 bei $15^0$. Schröder[1]) bestimmte es in Petroleumäther und fand 1,348—1,340.

**4. Resorcin** 

Schmelzpunkt: $110^0$[2]). Gefunden: $110^0$.

Die größten und am besten ausgebildeten Krystalle von Resorcin scheiden sich aus alkoholischer Lösung bei einer Temperatur von $16^0$ aus, bei der die gesättigte Lösung schon ziemlich zähflüssig ist. Die Lösungen oxydieren sich sehr leicht und sind dann bisweilen dunkelrot gefärbt. Diese Farbe geht aber nicht in die Krystalle ein, denn diese sind im frischen Zustande vollständig farblos. Ebenfalls brauchbare Krystalle von gleichem Habitus wurden aus Lösungen von Ligroin und Äther erhalten, jedoch herrscht bei diesen manchmal ein starkes Kantenwachstum vor, sodaß einige Flächen ausgehöhlt erscheinen.

1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1879, **12**, 563.

2) Beilstein, 3. Aufl., II, 914 und Erg.-Bd. II, 564.

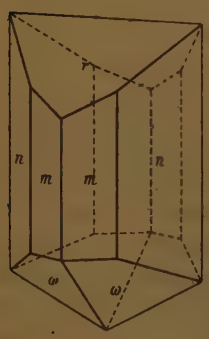
Tabelle V.

Die drei Brechungsexponenten von Brenzcatechin.

| | Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| $\alpha$ | 57°29,15′ | 57°17,80′ | 56°47,10′ | 1,5983 | 1,6045 | 1,6207 |
| | 28,10 | 17,10 | 45,40 | 1,5980 | 1,6044 | 1,6202 |
| | 28,70 | 17,40 | 45,80 | 1,5981 | 1,6044 | 1,6203 |
| | 27,70 | 16,80 | 46,20 | 1,5978 | 1,6043 | 1,6205 |
| | 28,00 | 16,80 | 45,70 | 1,5979 | 1,6043 | 1,6203 |
| | | | Mittelwert: | 1,5980 | 1,6044 | 1,6204 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,6 | 0,3 | 0,6 |
| $\beta$ | 58° 0,20′ | 57°48,80′ | 57°22,80′ | 1,6074 | 1,6138 | 1,6312 |
| | 58 0,00 | 48,90 | 22,10 | 1,6073 | 1,6138 | 1,6314 |
| | 57 59,70 | 49,20 | 23,30 | 1,6072 | 1,6139 | 1,6318 |
| | 58 0,25 | 49,30 | 21,60 | 1,6074 | 1,6139 | 1,6313 |
| | 57 59,90 | 49,00 | 22,40 | 1,6073 | 1,6139 | 1,6315 |
| | | | Mittelwert: | 1,6073 | 1,6139 | 1,6314 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,3 | 0,2 | 0,7 |
| $\gamma$ | 65°34,0′ | 65°23,1′ | 64°55′ | 1,7256 | 1,7336 | 1,7545 |
| | 31,8 | 23,9 | 49 | 1,7251 | 1,7337 | 1,7531 |
| | 34,0 | 23,7 | 50 | 1,7256 | 1,7337 | 1,7533 |
| | 33,6 | 23,3 | 47 | 1,7255 | 1,7336 | 1,7526 |
| | 34,0 | 23,6 | 54 | 1,7256 | 1,7337 | 1,7543 |
| | 34,4 | 22,5 | 51 | 1,7257 | 1,7334 | 1,7536 |
| | | | Mittelwert: | 1,7255 | 1,7336 | 1,7536 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,6 | 0,3 | 2,0 |

Krystallographische Untersuchungen des Resorcins liegen bereits vor von Groth[1]) und Calderon[2]).

Fig. 2.




Krystallsystem: Rhombisch (pyramidale Klasse).

$a : b : c = 0{,}9110 : 1 : 0{,}5409$

($a : b : c = 0{,}912326 : 1 : 0{,}587577$ Calderon)

($a : b : c = 0{,}9105 : 1 : 0{,}5404$ Groth).

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $n\{120\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$, $r\{101\}$ (Fig. 2).

Die Krystalle sind prismatisch nach der *c*-Axe ausgebildet, ziemlich klar durchsichtig, besitzen einen schönen Glasglanz und geben sehr gute Reflexe. Ihre Größe beträgt im Durchschnitt 7 mm. Jedoch habe ich auch Krystalle von 2—3 cm erhalten. Die Krystalle zeigen Hemimorphie, die schon

1) Groth, Physik. Kryst. IV. Aufl., 1905, 396. — Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1870, **3**, 450. — Jahresber. d. Chem. 1870, 2.

2) Comp. rend. 1877, **84**, 779.

Groth[1]) angibt, die aber von Calderon nicht beobachtet werden konnte. Calderon ließ die Substanz aus Äther krystallisieren und schreibt diesem Lösungsmittel die verschiedene Ausbildung der Krystalle zu. Ich selbst erhielt aus reiner ätherischer Lösung nur sehr feine Krystallnädelchen, die zur krystallographischen Untersuchung unbrauchbar waren. Die Hemimorphie gibt sich dadurch kund, daß an dem einen Ende der nach der $c$-Axe prismatischen Krystalle sowohl die Pyramide $\{111\}$ als auch das Makrodoma $\{101\}$ ausgebildet ist, während man an dem anderen Ende nur die beiden Domenflächen wahrnimmt (siehe Fig. 2). Das Krystallsystem ist also rhombisch-pyramidal. Ätzfiguren konnten trotz wiederholter Versuche nicht beobachtet werden. Die Kanten der Krystalle sind gewöhnlich sehr scharf ausgeprägt mit Ausnahme der Pyramidenkanten, die stark abgerundet erscheinen, oft so stark, daß man die einzelnen Pyramidenflächen nicht mehr unterscheiden kann.

Folgende Winkel wurden gemessen bezw. berechnet:

| Winkel: | Verfasser. Gem.: | Verfasser. Ber.: | Calderon. Gem.: | Calderon. Ber.: | Groth. Gem.: |
|---|---|---|---|---|---|
| $r:r = (101):(\bar{1}01) =$ | *61°22′ | — | *60°53′ | — | 61°23′ |
| $m:m = (1\bar{1}0):(110)$ | *84 40 | — | *84 45 | — | 84 38 |
| $n:n = (120):(\bar{1}20)$ | 57 32 | 57°31′ | 58 3 | 57°27′ | 58 6 |
| $m:n = (110):(120)$ | 18 54 | 18 57 | 18 31 | 18 30 | — |
| $m:\omega = (110):(11\bar{1})$ | 51 14 | 51 15 | — | — | — |
| $\omega:\omega = (11\bar{1}):(1\bar{1}\bar{1})$ | 49 45 | 49 52 | — | — | — |

Die angegebenen Winkel sind die Mittelwerte der vollständigen goniometrischen Messung von acht Krystallen.

Eine, wenn auch wenig deutliche Spaltbarkeit nach dem Prisma konnte festgestellt werden.

Das spec. Gewicht wurde in Methylenjodid bestimmt. Es beträgt 1,281—1,285 bei 15°. Calderon gibt für das krystallisierte Resorcin 1,2728—1,2718 an. Schröder[2]) bestimmte das spec. Gewicht der gepulverten Substanz in Petroleumäther zu 1,289—1,276. Schiff[3]) findet den Wert 1,2717 bei 15°.

Die optische Axenebene geht parallel der Basis (001). Die Axe $a$ ist erste Mittellinie. Der Charakter der Doppelbrechung ist negativ. Die Doppelbrechung selbst ist gering: $\gamma_D - \alpha_D = 0{,}0492$. Die Größe der Brechungsexponenten ist aus der Tabelle VI, Seite 264 zu ersehen. Sie wurden mittels des Refractometers bestimmt an einer angeschliffenen Prismen- und Domenfläche unter Benutzung von $\alpha$-Monobromnaphtalin.

1) l. c. und Rammelsberg, kryst.-physik. Chem. II, 417, woher auch das Axenverhältnis nach Groth entnommen ist.

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1879, **12**, 563.

3) Liebigs Annalen f. Chemie 1884, **223**, 264.

Tabelle VI.

Die drei Brechungsexponenten von Resorcin.

| | Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| | 56°3,6′ | 55°51,1′ | 55° 9,6′ | 1,5724 | 1,5784 | 1,5900 |
| | 3,6 | 50,8 | 9,6 | 1,5724 | 1,5780 | 1,5900 |
| | 3,8 | 51,4 | 10,5 | 1,5725 | 1,5781 | 1,5903 |
| $\alpha$ | 4,0 | 51,1 | 10,1 | 1,5725 | 1,5781 | 1,5901 |
| | 5,1 | 50,9 | 10,6 | 1,5729 | 1,5780 | 1,5903 |
| | | | Mittelwert: | 1,5725 | 1,5781 | 1,5901 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,6 | 0,2 | 0,5 |
| | 58°20,5′ | 58°8,9′ | 57°41,6′ | 1,6133 | 1,6197 | 1,6373 |
| | 19,9 | 9,0 | 39,0 | 1,6132 | 1,6197 | 1,6366 |
| | 19,8 | 8,9 | 41,7 | 1,6131 | 1,6197 | 1,6374 |
| | 20,4 | 9,2 | 40,9 | 1,6133 | 1,6198 | 1,6371 |
| $\beta$ | 20,1 | 9,0 | 42,9 | 1,6132 | 1,6197 | 1,6377 |
| | | | 43,0 | | | 1,6377 |
| | | | 39,5 | | | 1,6367 |
| | | | Mittelwert: | 1,6132 | 1,6197 | 1,6372 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,3 | 0,2 | 1,1 |
| | 58°46,70′ | 58°34,90′ | 58°6,00′ | 1,6208 | 1,6272 | 1,6446 |
| | 46,80 | 35,15 | 7,90 | 1,6209 | 1,6273 | 1,6452 |
| | 46,75 | 35,10 | 6,50 | 1,6208 | 1,6273 | 1,6448 |
| $\gamma$ | 46,30 | 35,00 | 6,80 | 1,6207 | 1,6273 | 1,6449 |
| | 46,75 | 34,90 | 6,30 | 1,6208 | 1,6272 | 1,6451 |
| | | | Mittelwert: | 1,6208 | 1,6273 | 1,6449 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,2 | 0,2 | 0,7 |

## 5. Hydrochinon




Schmelzpunkt: 169°[1]). Gefunden: 169°.

Das Hydrochynon ist nach Lehmann[2]) dimorph. Die labile Form ist monoklin; sie entsteht beim Sublimieren der Substanz. Die stabile Modification erhält man beim Krystallisieren aus Lösungen. Aus wässeriger Lösung krystallisiert sie in meist »langen Nadeln«, deren Krystallform schon von Groth[3]) näher untersucht worden ist. Da diese Nadeln zu fein waren, um sie zur Bestimmung der Brechungsexponenten mittels Totalrefractometers anschleifen zu können, so versuchte ich mit Hilfe von anderen Lösungsmitteln größere Krystalle zu erhalten. Den besten Erfolg erzielte ich mit Lösungen in Methylalkohol, dem etwas Äthyläther zugesetzt wurde, die ich

1) Beilstein, II, 938.

2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1870, **3**, 450.

3) Groth, Physik. Kryst. III. Aufl., 470 und Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1870, **3**, 450.

bei einer Temperatur von 16° langsam verdunsten ließ. Um die Verdunstung regulieren zu können, wurden die Gefäße (Flaschen mit weitem Halse) mit Wattepfropfen leicht verschlossen. Auf diese Weise wurden Krystalle bis zu einer Größe von 2—3 cm und einer Stärke von fast 1 cm erhalten. Die größten Krystalle sind infolge von Flüssigkeitseinschlüssen zumeist nicht besonders gut durchsichtig, die kleineren dagegen sind immer klar durchsichtig, farblos und besitzen einen sehr schönen Glasglanz. Die Krystalle müssen aber vor Luftzutritt sorgfältig geschützt werden, sonst werden die Flächen nach kurzer Zeit matt.

Krystallsystem: Ditrigonal-skalenoëdrische Klasse.

$$a : c = 1 : 0{,}6680.$$

Groth gibt an: $a : c = 1 : 0{,}6591.$

Beobachtete Formen: $a\{10\bar{1}\}$, $r\{100\}$, $d\{110\}$, $c\{111\}$ (selten).

Die größere Anzahl der untersuchten Krystalle zeigte nur das Prisma zweiter Art in Combination mit dem positiven Rhomboëder $\{100\}$ ausgebildet; bei den übrigen wird das letztere Rhomboëder noch von dem negativen Rhomboëder $\{110\}$ gerade abgestumpft. Das negative Rhomboëder $\{22\bar{1}\}$, das Groth außer diesen Formen noch anführt, konnte nicht beobachtet werden. Dagegen trat an zwei Krystallen die Basis $c\{111\}$ auf.

Die Krystalle sind alle prismatisch nach $\{10\bar{1}\}$ ausgebildet. Die Reflexe waren meist sehr deutlich; nur die Flächen des Rhomboëders $\{110\}$ zeigten fast immer einen matteren Glanz.

Folgende Winkel wurden gemessen und aus dem Axenverhältnis zurückberechnet:

| | Groth. | | Verfasser. | |
|---|---|---|---|---|
| Winkel: | Gemessen: | Berechnet: | Gemessen: | Berechnet: |
| $r : p$ = | *58°22′ | — | *58° 4′ | — |
| $r : r$ = | 62 57 | 63°16′ | 63 51 | 63°52′ |

Die angegebenen Winkelwerte sind das Mittel aus den vollständigen goniometrischen Messungen von sechs Krystallen.

Das spec. Gewicht wurde in Methylenjodid bestimmt. Es beträgt bei 15°: 1,328—1,332. Schröder[1]) bestimmte es in einer gesättigten wässerigen Lösung von Hydrochinon und fand 1,328—1,324.

Die Brechungsexponenten gibt die Tabelle VII, Seite 266. Die Doppelbrechung ist gering; sie beträgt $\omega_D - \varepsilon_D = 0{,}0063$. Ihr Charakter ist nicht, wie Groth angibt, positiv, sondern negativ, was an einer senkrecht zur optischen Axe geschliffenen Krystallplatte im convergenten Licht mit Hilfe des Viertelundulationsglimmerblättchens nachgewiesen wurde. Ferner ließ sich dies auch am Refractometer gut beobachten. Denn die tiefer

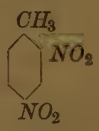
1) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1879, **12**, 563.

Tabelle VII.

Die beiden Brechungsexponenten von Hydrochinon.

| | Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| $\omega$ | 59°5,1′ | 58°53,2′ | 58°46,9′ | 1,6261 | 1,6325 | 1,6479 |
| | 4,9 | 52,8 | 46,1 | 1,6260 | 1,6324 | 1,6482 |
| | 4,7 | 53,0 | 46,1 | 1,6260 | 1,6325 | 1,6477 |
| | 4,5 | 52,9 | 47,0 | 1,6259 | 1,6324 | 1,6479 |
| | 4,5 | 53,0 | 47,2 | 1,6259 | 1,6325 | 1,6480 |
| | | | Mittelwert: | 1,6260 | 1,6325 | 1,6479 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,3 | 0,2 | 0,6 |
| $\varepsilon$ | 58°41,4′ | 58°34,1′ | 57°57,3′ | 1,6193 | 1,6262 | 1,6420 |
| | 42,1 | 30,8 | 57,4 | 1,6195 | 1,6261 | 1,6421 |
| | 42,6 | 31,6 | 55,8 | 1,6197 | 1,6263 | 1,6416 |
| | 41,9 | 30,8 | 58,1 | 1,6194 | 1,6264 | 1,6423 |
| | 42,0 | 31,4 | 56,7 | 1,6195 | 1,6262 | 1,6419 |
| | | | Mittelwert: | 1,6195 | 1,6262 | 1,6420 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,5 | 0,3 | 0,8 |

liegende Curve stieg hier und fiel, während die obere Curve, die des ordentlichen Strahles, unverändert stehen blieb.

**6. Orthodinitrotoluol 1.2.4** 

Schmelzpunkt: 70,5°[1]). Gefunden: 69,5°—71,0°.

Diese Substanz wurde aus der chemischen Fabrik Griesheim-Electron in Frankfurt a. M. bezogen. Als Lösungsmittel wurde Äthyläther benutzt. Jedoch wurden aus diesen Lösungen zuerst nur dünne Nadeln von sehr beträchtlicher Länge erhalten, die sich aber zur optischen Untersuchung, besonders zur Bestimmung der Brechungsexponenten sehr wenig eigneten, bis durch Zusatz von einer ganz geringen Menge von Canadabalsam die Viscosität der Lösungen erhöht wurde. Es schieden sich dann schöne, fast gleichmäßig gut ausgebildete Krystalle von einer Größe bis zu 1,5 cm aus.

Krystalle von Orthodinitrotoluol sind schon von Bodewig[2]) goniometrisch gemessen worden. Er fand:

Krystallsystem: Monoklin-prismatisch.

$$a : b : c = 0{,}85930 : 1 : 0{,}54076; \quad \beta = 94°18'.$$

Mit den Angaben von Bodewig stimmen die Mittelwerte meiner Messungen sehr gut überein, wie aus dem Folgenden zu ersehen ist:

1) Beilstein, 3. Aufl., I, 93.

2) Diese Zeitschr. 1879, **3**, 389.

| | | Bodewig. | | Verfasser. |
|---|---|---|---|---|
| | Winkel: | Beobachtet: | Berechnet: | Beobachtet: |
| $p:p$ | $= (1\bar{1}0):(110) =$ | *81° 8,5′ | — | 80°59′ |
| $r:p$ | $= (101):(110)$ | 63 46 | 63°43′ | 63 40 |
| $r:a$ | $= (101):(100)$ | *54 25 | — | 54 26 |
| $c:a$ | $= (001):(\bar{1}00)$ | *94 18 | — | 94 15 |
| $m:m$ | $= (120):(1\bar{2}0)$ | — | 119 26 | — |
| $p:m$ | $= (110):(120)$ | 18 53½ | 19 9 | — |
| $r:c$ | $= (101):(001)$ | 30 47 | 30 47 | 30 50 |
| $r:o$ | $= (101):(111)$ | 23 23 | 23 44 | — |
| $c:p$ | $= (001):(\bar{1}10)$ | 93 49 | 93 39 | 93 45 |
| $b:o$ | $= (010):(111)$ | 66 21 | 66 16 | — |
| $l:r$ | $= (011):(101)$ | 40 34 | 40 52 | — |
| $l:c$ | $= (011):(001)$ | 28 1½ | 28 19 | — |

An den aus Äther erhaltenen Krystallen fand ich in Übereinstimmung mit Bodewig folgende Formen: $c\{001\}$, $p\{110\}$, $a\{100\}$, $b\{010\}$, $r\{101\}$.

Die Krystalle sind gelb gefärbt, dicktafelig nach der seitlichen Endfläche (010) ausgebildet.

Bodewig beobachtete an Krystallen, die er aus Lösungen in Benzol erhielt, außer den erwähnten noch folgende Formen: $o\{111\}$, $m\{121\}$, $l\{011\}$. Diese Krystalle waren meist prismatisch, nach der Verticalaxe verlängert, ausgebildet. Eine, wenn auch weniger deutliche Spaltbarkeit nach der Basis (001) konnte festgestellt werden.

Das spec. Gewicht wurde in Thoulet'scher Lösung bei 15° bestimmt. Es ist gleich 1,518—1,521.

Die optische Axenebene steht senkrecht zur seitlichen Endfläche (010). Die $b$-Axe ist zweite Mittellinie. Der Charakter der Doppelbrechung ist negativ. Auf der seitlichen Endfläche ist $c:a =$ ca. 32° im stumpfen Winkel $\beta$. Die Größe der Doppelbrechung ist: $\gamma_D - \alpha_D = 0{,}3133$. Von den drei Brechungsexponenten, deren Werte die Tabelle VIII, S. 268 angibt, wurden $\alpha$ und $\beta$ mit Hilfe des Refractometers auf der angeschliffenen seitlichen Endfläche bestimmt. Als Adhäsionsflüssigkeiten wurden im ersten Falle Rohrbach'sche Lösung, im zweiten Falle eine Lösung von Schwefel in Methylenjodid benutzt. Beide Flüssigkeiten greifen aber die Politur der Krystallplatte sehr leicht an, sodaß nach kurzer Zeit die Curven sehr unscharf werden. Es konnten daher die Ablesungen nicht hinter einander vorgenommen werden, da der Krystall wiederholt neu aufpoliert werden mußte. Der Brechungsexponent $\gamma$ wurde mittels eines Prismas bestimmt, das so geschliffen wurde, daß seine brechende Kante der $b$-Axe, also auch der Elasticitätsaxe $c$, parallel ging. Die Linien des erhaltenen Spectrums waren sehr scharf und deutlich.

Tabelle VIII.

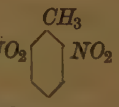
Die drei Brechungsexponenten von Orthodinitrotoluol 1.2.4.

| | Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| | 49°25,5′ | 49°9,1′ | 48°34,0′ | 1,4396 | 1,4424 | 1,4524 |
| | 24,5 | 7,9 | 31,9 | 1,4393 | 1,4420 | 1,4516 |
| | 23,7 | 8,4 | 37,5 | 1,4390 | 1,4421 | 1,4537 |
| | 25,4 | 8,7 | 32,9 | 1,4396 | 1,4423 | 1,4520 |
| | 25,7 | 9,4 | 37,5 | 1,4397 | 1,4425 | 1,4537 |
| | | | 35,0 | | | 1,4524 |
| $\alpha$ | | | 35,3 | | | 1,4528 |
| | | | 35,7 | | | 1,4530 |
| | | | 37,1 | | | 1,4535 |
| | | | 32,0 | | | 1,4516 |
| | | | Mittelwert: | 1,4394 | 1,4423 | 1,4527 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,9 | 0,6 | 1,7 |
| | 60°56,3′ | 60°37,5′ | 59°58,3′ | 1,6567 | 1,6617 | 1,6772 |
| | 58,2 | 38,9 | 59,7 | 1,6572 | 1,6620 | 1,6776 |
| | 57,5 | 36,7 | 56,2 | 1,6571 | 1,6615 | 1,6766 |
| | 56,0 | 38,4 | 57,7 | 1,6567 | 1,6619 | 1,6770 |
| $\beta$ | 55,4 | 38,0 | 59,5 | 1,6565 | 1,6618 | 1,6776 |
| | 55,6 | 38,7 | 55,4 | 1,6565 | 1,6620 | 1,6764 |
| | 54,7 | 39,2 | 57,6 | 1,6563 | 1,6621 | 1,6770 |
| | | | Mittelwert: | 1,6567 | 1,6619 | 1,6771 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,8 | 0,5 | 1,2 |

$\gamma$, bestimmt mit Hilfe eines Prismas, dessen brechende Kante $\parallel$ *b*-Axe.

| Prismenwinkel | Winkel der kleinsten Ablenkung | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| 38°25′ | 31°36′ 45″ | 32°9′ 0″ | 33°40′ 15″ | 1,7440 | 1,7557 | 1,7885 |
| | 36 45 | 9 0 | 40 0 | 1,7438 | 1,7557 | 1,7884 |
| | 36 45 | 8 30 | 40 15 | 1,7440 | 1,7555 | 1,7885 |
| | 37 0 | 8 15 | 39 45 | 1,7444 | 1,7554 | 1,7883 |
| | 37 0 | 8 15 | 39 45 | 1,7444 | 1,7554 | 1,7883 |
| | 37 0 | 8 45 | 40 15 | 1,7444 | 1,7556 | 1,7885 |
| | 37 0 | 8 45 | 39 45 | 1,7444 | 1,7556 | 1,7883 |
| | | | Mittelwert: | 1,7440 | 1,7556 | 1,7884 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,3 | 0,2 | 0,4 |

### 7. Paradinitrotoluol 1.2.6




Schmelzpunkt: 60°—61° [1]. Gefunden: 60°—60,5°.

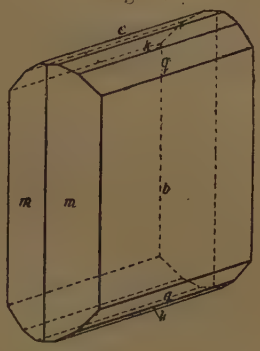
Das untersuchte Paradinitrotoluol war ebenfalls von der chemischen Fabrik Griesheim-Electron in Frankfurt a. M. bezogen worden. Es krystallisiert aus Alkohol »in glänzenden, breiten Nadeln« [1], die sich aber weder

1) Beilstein, 3. Aufl., I, 93.

zu einer krystallographischen noch optischen Untersuchung eigneten. Nach wiederholten vergeblichen Versuchen, unter oft variierten Bedingungen aus Alkohol brauchbare Krystalle zu erhalten, wurde als Lösungsmittel Benzol angewandt. Aus diesen Lösungen scheiden sich in leicht bedeckten Krystallisierschalen bei einer Temperatur von 18° größere Krystalle (bis zu 1,2 cm) aus. Sie sind dunkelschwefelgelb gefärbt und, wenn sie nicht allzu viel Flüssigkeitseinschlüsse enthalten, klar durchsichtig und besitzen einen starken Glanz. Letzteren verlieren sie aber, wenn sie längere Zeit an der Luft liegen.

Krystallographische Untersuchungen des Paradinitrotoluols sind bisher noch nicht vorhanden. Ich konnte folgende Beobachtungen machen:

Fig. 3.




Krystallsystem: Rhombisch-bipyramidale Klasse.

$$a : b : c = 0{,}5714 : 1 : 0{,}5407.$$

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$, $k\{012\}$, $c\{001\}$ (Fig. 3).

Gewöhnlich sind die Krystalle prismatisch nach der $c$-Axe entwickelt. Sie zeigen dann eine sechsseitige Säule, deren Querschnitt fast ein reguläres Sechseck darstellt; sie wird gebildet von dem Prisma $\{110\}$ und der seitlichen Endfläche $\{010\}$. Nach oben und unten ist die Säule durch die Basis abgeschlossen, die fast immer matt erscheint. Weitere Formen wurden an diesen Krystallen nicht beobachtet. Ein anderer Typus der Krystalle ist tafelförmig nach der seitlichen Endfläche ausgebildet, und zwar sind die Tafeln nach der $c$-Axe gestreckt. An diesen sieht man außer jenen Formen noch die Domenflächen $\{011\}$ und $\{012\}$ und bisweilen auch die Basis $\{001\}$ (Fig. 3). Es wurden sechs Krystalle vollständig goniometrisch gemessen und folgende Mittelwerte für die Krystallwinkel gefunden:

| Winkel: | Gemessen: | Berechnet: |
|---|---|---|
| $m : m = (1\bar{1}0) : (110)$ | $= *59^\circ 29'$ | — |
| $b : q = (010) : (011)$ | $*61\ 36$ | — |
| $k : c = (012) : (001)$ | $15\ 9$ | $15^\circ 8'$ |

Vollkommene Spaltbarkeit nach der Basis (001) ist vorhanden. Das spec. Gewicht wurde in Thoulet'scher Lösung bei 15° zu 1,538 bis 1,540 bestimmt.

Die optische Axenebene steht senkrecht auf der seitlichen Endfläche (010) und geht der vorderen Endfläche (100) parallel. Die $c$-Axe ist erste Mittellinie. Der Charakter der Doppelbrechung ist negativ. Die Doppelbrechung selbst beträgt: $\gamma_D - \alpha_D = 0{,}2551$. Der Pleochroïsmus ist sehr gut wahrnehmbar und zwar verhält er sich so: parallel der $c$-Axe farblos, parallel

der $b$-Axe schwefelgelb, parallel der $a$-Axe hell schwefelgelb. Die Brechungsexponenten $\alpha$ und $\gamma$ wurden zuerst, da sich bis dahin keine stark lichtbrechende Flüssigkeit finden ließ, die nicht sofort die Politur der Krystalle von Paradinitrotoluol zerstörte, mit Hilfe von zwei Prismen bestimmt, deren brechenden Kanten der $c$-Axe beziehungsweise der $b$-Axe parallel gingen. Später stellte sich heraus, daß die Lösung von Schwefel in Methylenjodid die Politur der Krystalle nicht sofort, sondern erst nach einiger Zeit angriff. Daraufhin bestimmte ich diese Brechungsexponenten $\alpha$ und $\gamma$, deren Werte sich in den schon erwähnten Tabellen I und II, S. 254 befinden, noch einmal nach der Methode der Totalrefraction. Auf diese letzte Weise wurde auch der Brechungsindex $\beta$ erhalten. Die gefundenen Werte gibt die folgende Tabelle IX wieder:

Tabelle IX.

| Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| 61°18,2′ | 61°6,3′ | 60°42,4′ | 1,6625 | 1,6694 | 1,6895 |
| 18,3 | 5,5 | 42,9 | 1,6626 | 1,6692 | 1,6896 |
| 18,5 | 6,7 | 40,8 | 1,6627 | 1,6695 | 1,6891 |
| 18,4 | 6,7 | 42,2 | 1,6626 | 1,6695 | 1,6894 |
| 17,4 | 6,2 | 40,3 | 1,6623 | 1,6694 | 1,6889 |
| | | Mittelwert: | 1,6625 | 1,6694 | 1,6893 |
| | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,5 | 0,4 | 0,9 |

8. Codeïn $C_{18}H_{21}NO_3 + aq$. Schmelzpunkt: 155°.

Die drei Glieder der letzten stellungsisomeren Gruppe, die drei Codeïne: Codeïn, Isocodeïn und Pseudocodeïn waren im hiesigen chemischen Institut der Universität dargestellt und mir durch die Güte des Herrn Geheimen Hofrat Professor Dr. Knorr zur Untersuchung überlassen worden, wofür ich ihm zu großem Danke verpflichtet bin. Von diesen drei Substanzen sind die beiden ersten, das Codeïn und das Isocodeïn, optisch isomer.

Das Codeïn ist krystallographisch bereits mehrfach untersucht worden, so von Miller[1]), Keferstein[2]), Sénarmont[3]), Grailich[4]) und Kopp[5]). Ihre Winkelmessungen sind teils unvollständig, teils stimmen sie untereinander nicht sehr gut überein, wie aus der nachfolgenden Winkeltabelle leicht zu ersehen ist. Daher habe ich es nochmals goniometrisch gemessen. Ich fand folgendes:

1) Ann. Chem. u. Pharm. 1851, **77**, 381.
2) Chem. Jahresber. 1856, 547 und Pogg. Ann. d. Phys. 1856, **99**, 292.
3) Chem. Jahresber. 1857, 446.
4) Grailich, Kryst.-opt. Unters. 187, Wien und Olmütz 1858.
5) Kopp, Krystallographie 279.

Krystallsystem: Rhombisch-bipyramidale Klasse.

$$a : b : c = 0{,}9595 : 1 : 0{,}8346.$$

Miller gibt an:

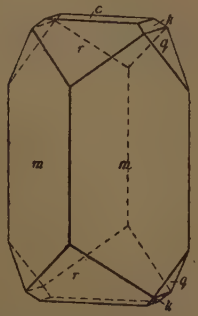
$$a : b : c = 0{,}9601 : 1 : 0{,}8277.$$

Keferstein:

$$a : b : c = 0{,}9634 : 1 : 0{,}8295.$$

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $c\{001\}$, $q\{011\}$, $k\{012\}$, $r\{101\}$ (Fig. 4).

Fig. 4.




Miller benutzte als Lösungsmittel Wasser und Alkohol. Aus wässeriger Lösung erhielt er rhombische Prismen, die an den Enden von den zwei Brachydomen {011} und {012} und der Basis {001} begrenzt waren. An den Krystallen aus alkoholischer Lösung fehlte das Brachydoma {012} ganz; dafür aber trat das Makrodoma {101} auf.

Alle diese Formen sind gleichzeitig ausgebildet an den Krystallen, die ich aus Lösungen in Essigester bei einer Temperatur von 18° erhielt. Es sind dies farblose, klar durchsichtige, prismatisch nach der $c$-Axe entwickelte Krystalle; sie erreichen oft eine Länge von 2 cm, sind dabei aber höchstens 2 mm stark. Gewöhnlich verjüngen sich die Krystalle nach den beiden Enden zu durch Bildung von alternierenden Flächen, und dies ist der Grund, weshalb die Prismenflächen meist stark verzerrte Reflexe geben. Die Reflexe der übrigen Flächen waren fast immer recht deutlich. Es wurden acht der am besten ausgebildete Krystalle ausgewählt und goniometrisch gemessen. — In der folgenden Tabelle sind die Mittelwerte dieser Messungen angegeben.

| | Miller. | Kopp. | Sénarmont. | Grailich. | Keferstein. | Verfasser. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Winkel: | Beob.: | Beob.: | Beob.: | Beob.: | Beob.: | Beob.: | Ber.: |
| $m : m = (1\bar{1}0) : (110) =$ | *87°40′ | 87°30′ | 88°20′ | 87°35′ | *87°52′ | *87°38′ | — |
| $q : q = (0\bar{1}1) : (011)$ | *79 14 | 78 30 | 80 5 | 78 24 | *78 58 | *79 42 | — |
| $k : k = (0\bar{1}2) : (012)$ | 45 10 | — | 45 45 | — | 45 2 | 45 16 | 45°18′ |
| $r : r = (101) : (\bar{1}01)$ | 81 32 | — | — | — | — | 82 8 | 82 2 |
| $q : m = (011) : (110)$ | 63 42 | — | — | — | — | 63 38 | 63 40 |
| $r : m = (101) : (110)$ | 61 54 | — | — | — | — | 61 37 | 61 44 |
| $q : r = (011) : (101)$ | 53 3 | — | — | — | — | 54 36 | 54 36 |

Besonders die zuletzt in der Tabelle angeführten, von mir gemessenen Winkel weichen von den Miller'schen Werten ziemlich erheblich ab. Den Grund hierfür gibt Miller selbst an, indem er am Schluß seiner Mitteilung sagt[1]): »Die Übereinstimmung der verschiedenen Beobachtungen ist nicht sehr gut, sodaß die obigen Messungen nur als annähernde zu betrachten sind.«

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. 1851, 77, 384.

Die Spaltbarkeit nach der Basis (001) ist deutlich, nach der vorderen Endfläche unvollkommen. Erstere ist auch von Miller und Grailich beobachtet worden. Kopp gibt noch eine Spaltbarkeit nach dem Brachydoma (011) an, die aber an den Krystallen aus Essigester nicht festgestellt werden konnte. Das spec. Gewicht wurde in Thoulet'scher Lösung bestimmt. Es beträgt 1,309—1,315 bei 14°.

Die optische Axenebene geht der seitlichen Endfläche parallel, was im Klein'schen Universalapparat nachgewiesen werden konnte. Die $c$-Axe ist erste Mittellinie. Der Charakter der Doppelbrechung ist negativ. Grailich gibt als optische Axenebene die Ebene $bc$ an. Diesem widersprechen folgende Beobachtungen. Es wurde der größte Brechungsexponent in der Richtung der $a$-Axe gefunden und zwar mittels eines Prismas, das auf folgende Weise aus einem Krystalle geschliffen worden war. Es wurde ein Krystall herausgesucht, an dem die Brachydomenflächen {011} im Vergleich zu den anderen Flächen am stärksten ausgebildet waren. An diesem Krystalle wurde zunächst die seitliche Endfläche (010) angeschliffen und dann, der schon vorhandenen Brachydomenfläche (011) ungefähr parallel, eine weitere Fläche. Ferner konnte unter dem Polarisationsinstrument an einer Krystallplatte, die senkrecht zur $c$-Axe geschliffen worden war, festgestellt werden, daß die optische Axenebene den stumpfen Prismenwinkel halbiert, also mit der seitlichen Endfläche (010) zusammenfällt.

Ebenso wie $\gamma$ wurde der Brechungsexponent $\beta$ mittels eines Prismas, dessen brechende Kante der $b$-Axe parallel ging, bestimmt. Beide Prismen ließen sich aber nur sehr schlecht polieren, da die Krystalle ziemlich weich sind. Infolgedessen waren die Spaltbilder für die $F$-Linie äußerst lichtschwach und unscharf, und es war daher für den Brechungsexponenten $\gamma$ eine genaue Einstellung unmöglich. Der Brechungsexponent $\alpha$ konnte mit Hilfe des Totalrefractometers und Cassiaöls, das allein von allen vorhandenen stark lichtbrechenden Flüssigkeiten die Politur der Krystalle am wenigsten angriff, an einer angeschliffenen und polierten Prismenfläche bestimmt werden. Auch hier war aus denselben Gründen wie bei der Bestimmung von $\beta$ und $\gamma$ die Curve für die $F$-Linie höchst unscharf.

Die erhaltenen Werte für die drei Brechungsexponenten finden sich in der Tabelle X, S. 273. Die Stärke der Doppelbrechung für die $D$-Linie beträgt: $\gamma_D - \alpha_D = 0{,}1410$.

### 9. Isocodein. Schmelzpunkt: 171°—172°.

Von dieser Substanz liegen krystallographische Untersuchungen bisher nicht vor. Meine Beobachtungen hatten folgendes Ergebnis:

Krystallsystem: Rhombisch-bipyramidale Klasse.

$$a : b : c = 0{,}6322 : 1 : 0{,}5600.$$

## Tabelle X.

### Die drei Brechungsexponenten von Codeïn.

| | Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| | 54°22,7′ | 53°59,2′ | 53° 6′ | 1,5407 | 1,5424 | 1,5492 |
| | 21,0 | 54 0,5 | 9 | 1,5401 | 1,5428 | 1,5502 |
| | 20,3 | 0,4 | 8 | 1,5400 | 1,5428 | 1,5499 |
| | 21,0 | 0,7 | 18 | 1,5401 | 1,5429 | 1,5532 |
| $\alpha$ | 21,4 | 1,0 | 10 | 1,5403 | 1,5430 | 1,5506 |
| | 21,1 | 1,2 | 12 | 1,5402 | 1,5430 | 1,5512 |
| | 21,6 | 53 59,3 | — | 1,5403 | 1,5425 | — |
| | | | Mittelwert: | 1,5402 | 1,5428 | 1,5507 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,6 | 0,6 | 3,8 |

| | Prismen-winkel | Winkel der kleinsten Ablenkung | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| | 35°32′ | 24°3′ 45″ | 24°20′ 30″ | 24°59′ 15″ | 1,6286 | 1,6355 | 1,6515 |
| | | 3 45 | 20 30 | 58 45 | 1,6286 | 1,6355 | 1,6513 |
| | | 3 45 | 19 30 | 25 0 0 | 1,6286 | 1,6351 | 1,6518 |
| | | 4 30 | 21 0 | 24 59 0 | 1,6289 | 1,6357 | 1,6514 |
| $\beta$ | | 4 0 | 21 30 | 58 30 | 1,6287 | 1,6359 | 1,6512 |
| | | 2 30 | 20 30 | 58 0 | 1,6281 | 1,6355 | 1,6510 |
| | | 3 0 | 20 15 | 58 45 | 1,6283 | 1,6354 | 1,6513 |
| | | | | Mittelwert: | 1,6285 | 1,6355 | 1,6514 |
| | | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,7 | 0,6 | 0,6 |
| | Prismen-winkel | 37°4′ 45″ | 37°44′ 30″ | war zu undeutlich, um eingestellt werden zu können. | 1,6730 | 1,6837 | |
| | | 5 0 | 45 0 | | 1,6731 | 1,6838 | |
| | 47°22′ | 5 30 | 43 0 | | 1,6732 | 1,6833 | |
| | | 5 15 | 44 0 | | 1,6732 | 1,6835 | |
| $\gamma$ | | 3 30 | 48 0 | | 1,6727 | 1,6846 | |
| | | 4 30 | 45 0 | | 1,6730 | 1,6838 | |
| | | 4 45 | 46 0 | | 1,6730 | 1,6840 | |
| | | | | Mittelwert: | 1,6730 | 1,6838 | |
| | | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,5 | 1,1 | |

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $n\{120\}$, $b\{010\}$, $q\{011\}$, $k\{012\}$, $c\{001\}$ (Fig. 5 und 6).

Fig. 5.

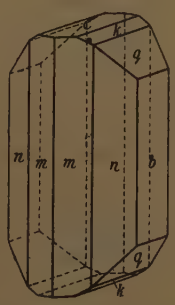
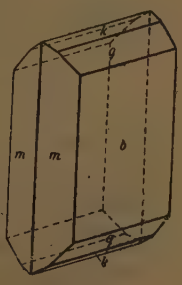



Fig. 6.




Die Krystalle wurden aus Lösungen in Essigester bei einer Temperatur von 16° erhalten. Die Krystallisierschalen waren dabei mit Glasplatten leicht bedeckt, sodaß das Lösungsmittel nur ganz allmählich verdunsten konnte. Gewöhnlich wuchsen in den gesättigten Lösungen nur die Impflinge weiter, aber höchstens bis zu einer Größe von 5—6 mm; neue

Krystalle bildeten sich auf diese Weise sehr selten. Oft geschah es, daß der Rest der Lösung in einem Gefäß an den Wänden emporkletterte und das Isocodeïn sich in Form von Wülsten dort festsetzte. Aus erwärmten, stark übersättigten Lösungen scheiden sich beim Abkühlen immer Krystalle in großer Menge sofort aus. Aber sie sind sehr klein und zeigen meist durch schnelles Kantenwachstum hervorgerufene hohle Flächen, sodaß sie sich zur krystallographischen Untersuchung wenig eignen. Sorgt man aber dafür (durch Einbetten der Gefäße in schlechte Wärmeleiter), daß die Abkühlung nur ganz allmählich vor sich geht, so gelingt es oft, auch aus diesen übersättigten Lösungen schöne, wohlausgebildete Krystalle bis zur Größe von 4 mm zu erhalten.

Die farblosen, durchsichtigen, stark glänzenden Krystalle des Isocodeïns treten in zwei Typen auf. Die einen sind prismatisch nach der $c$-Axe ausgebildet und zeigen die folgenden Formen: die beiden Prismen $m\{110\}$ und $n\{120\}$, die beiden Domen $q\{011\}$ und $k\{012\}$, die seitliche Endfläche $b\{010\}$ und fast immer die Basis $c\{001\}$ (Fig. 5). Die anderen Krystalle bilden Tafeln nach der seitlichen Endfläche $\{010\}$. Die Basis ist an ihnen niemals beobachtet worden; ebenso fehlt meist auch das Prisma $n\{120\}$ (Fig. 6). Die Reflexe sind zum Teil recht schlecht, besonders deshalb, weil manche Flächen, wahrscheinlich infolge von Alternation, gewölbt sind.

Im Folgenden sind die Mittelwerte der vollständigen Winkelmessungen von sechs Krystallen angegeben und daneben die aus dem oben angeführten Axenverhältnis zurückberechneten Winkelwerte:

| Winkel: | Gemessen: | Berechnet: |
|---|---|---|
| $m : m = (1\bar{1}0) : (110)$ | $= *64^{0}\,36'$ | — |
| $b : q = (010) : (011)$ | $*60\ 45$ | — |
| $m : n = (110) : (120)$ | $15\ 4$ | $15^{0}\ 8'$ |
| $b : k = (010) : (012)$ | $74\ 17$ | $74\ 22$ |
| $q : m = (011) : (110)$ | $74\ 56$ | $74\ 52$ |
| $k : m = (012) : (110)$ | $81\ 49$ | $81\ 43$ |

Vollkommene Spaltbarkeit nach der seitlichen Endfläche (010) ist vorhanden.

Das spec. Gewicht wurde in Methylenjodid bestimmt und die Werte: 1,361—1,367 gefunden.

Die optische Axenebene geht der seitlichen Endfläche (010) parallel; die $c$-Axe ist erste Mittellinie. Der Charakter der Doppelbrechung wurde an einem Spaltblättchen nach der seitlichen Endfläche mit Hilfe des Gypsblättchens als negativ bestimmt. Die Doppelbrechung selbst beträgt für die $D$-Linie: $\gamma_D - \alpha_D = 0{,}0684$.

Die drei Brechungsexponenten ergeben sich aus der Tabelle XI, S. 275. Sie wurden mit Hilfe des Refractometers an einer Domen- und einer

Tabelle XI.

Die drei Brechungsexponenten von Isocodeïn.

| | Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| | 57°43,5′ | 57°26,1′ | 56°29,5′ | 1,6025 | 1,6070 | 1,6153 |
| | 42,5 | 26,8 | 28,3 | 1,6022 | 1,6072 | 1,6149 |
| | 44,7 | 25,8 | 26,9 | 1,6029 | 1,6069 | 1,6145 |
| | 44,6 | 26,3 | 29,4 | 1,6029 | 1,6071 | 1,6153 |
| $\alpha$ | 43,4 | 26,2 | 26,8 | 1,6024 | 1,6071 | 1,6144 |
| | 43,9 | 26,2 | 29,1 | 1,6026 | 1,6071 | 1,6151 |
| | 43,4 | 24,4 | 26,9 | 1,6024 | 1,6065 | 1,6145 |
| | | | Mittelwert: | 1,6026 | 1,6070 | 1,6149 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,7 | 0,6 | 1,5 |
| | 59°41,1′ | 59°30,5′ | 58°43,9′ | 1,6362 | 1,6431 | 1,6558 |
| | 41,8 | 27,6 | 42,2 | 1,6364 | 1,6423 | 1,6553 |
| | 43,3 | 25,6 | 44,7 | 1,6368 | 1,6417 | 1,6561 |
| | 41,3 | 24,9 | 41,4 | 1,6363 | 1,6415 | 1,6551 |
| $\beta$ | 41,7 | 27,2 | 45,1 | 1,6364 | 1,6422 | 1,6562 |
| | 42,7 | 27,0 | 42,1 | 1,6366 | 1,6421 | 1,6553 |
| | 41,9 | 27,3 | 44,7 | 1,6364 | 1,6422 | 1,6551 |
| | | | Mittelwert: | 1,6364 | 1,6422 | 1,6557 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,5 | 1,3 | 2,0 |
| | 61°46,0′ | 61°28,6′ | Die Curve war viel zu undeutlich, um eingestellt werden zu können. | 1,6698 | 1,6754 | |
| | 45,5 | 27,4 | | 1,6697 | 1,6750 | |
| | 44,2 | 27,7 | | 1,6693 | 1,6752 | |
| | 46,5 | 28,1 | | 1,6700 | 1,6753 | |
| $\gamma$ | 45,1 | 27,9 | | 1,6696 | 1,6752 | |
| | 45,8 | 31,0 | | 1,6698 | 1,6760 | |
| | 44,3 | 29,0 | | 1,6694 | 1,6755 | |
| | | | Mittelwert: | 1,6697 | 1,6754 | |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,6 | 0,8 | |

Prismenfläche bestimmt. Die Krystalle ließen sich wegen ihrer Weichheit durchaus nicht polieren. Die Curven für die *F*-Linie waren äußerst lichtschwach und undeutlich; für den Brechungsexponenten $\gamma$ konnte sie überhaupt nicht beobachtet werden. Als Adhäsionsflüssigkeiten erwiesen sich nur $\alpha$-Monobromnaphtalin und die Lösung von Schwefel in Methylenjodid als brauchbar.

**10. Pseudocodeïn.** Schmelzpunkt: 181°.

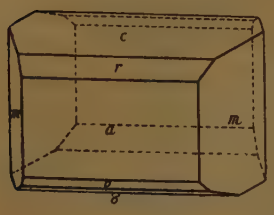
Auch diese Substanz ist krystallographisch noch nicht untersucht worden. Die Krystalle wurden aus Lösungen in Essigester, in dem sich das Pseudocodeïn viel leichter löst als das Isocodeïn, erhalten. Aus diesen Lösungen scheiden sich die Krystalle in bedeckten Krystallisierschalen nach kurzer Zeit — nach ein bis zwei Tagen — aus und erreichen eine Größe bis zu 1 cm und eine Dicke bis zu 4 mm.

Das Krystallsystem ist monoklin (sphenoidische Klasse).

$a : b : c = 2{,}1942 : 1 : 1{,}1036$; $\beta = 108^{0}14'$.

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $a\{100\}$, $c\{001\}$, $\varrho\{10\bar{1}\}$, $\sigma\{20\bar{1}\}$, $r\{101\}$ (selten) (Fig. 7).

Fig. 7.




Die farblosen, durchsichtigen, stark glänzenden Krystalle sind tafelförmig nach der vorderen Endfläche (100) ausgebildet und zwar gestreckt nach der $b$-Axe. Die meisten Krystalle waren an beiden Enden der $b$-Axe von gleichmäßiger Beschaffenheit. Doch mehrmals schieden sich aus den Lösungen nur Krystalle aus, die an dem einen Ende der $b$-Axe keine Prismenflächen, sondern eine gleichsam angeschmolzene Spitze ohne jegliche Kante zeigten. Die Winkelwerte beider Krystallformen stimmen miteinander vollständig überein. Man hat es hier offenbar mit einer hemimorphen Ausbildung in Bezug auf die $b$-Axe zu tun. Die Substanz gibt also schon durch ihr Äußeres kund, daß sie optisch activ ist. Sie gehört daher wahrscheinlich der monoklin-sphenoidischen Klasse an. Leider gelang es nicht, an den Krystallen Ätzfiguren herzustellen.

Das Hemidoma $r\{101\}$ ist nur an zwei Krystallen beobachtet worden. Folgende Winkel wurden gemessen bezw. berechnet:

| Winkel: | Gemessen: | Berechnet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (\bar{1}10) =$ | *51°16′ | — |
| $a : c = (100) : (001)$ | *71 46 | — |
| $c : \varrho = (001) : (\bar{1}01)$ | *29 32 | — |
| $\sigma : a = (\bar{2}01) : (\bar{1}00)$ | 53 54 | 53°58′ |
| $a : r = (100) : (101)$ | 49 20 | 49 19 |
| $c : m = (001) : (\bar{1}10)$ | 97 36 | 97 42 |
| $\varrho : m = (\bar{1}01) : (\bar{1}10)$ | 84 56 | 85 8 |
| $\sigma : m = (\bar{2}01) : (\bar{1}10)$ | 75 17 | 75 14 |

Die Reflexe der Flächen aus der Prismenzone waren sehr deutlich, die der Flächen aus der Hemidomenzone dagegen waren nur zum Teil deutlich, gewöhnlich stark verzerrt. Die obigen Angaben für die Winkelmessungen sind die Mittelwerte der vollständigen goniometrischen Messungen von acht Krystallen.

Die Spaltbarkeit nach der vorderen Endfläche (100) ist sehr vollkommen, diejenige nach der Basis vollkommen.

Das spec. Gewicht wurde in Methylenjodid zu 1,288—1,290 bei 15° bestimmt.

Die optische Axenebene steht senkrecht auf der Symmetrieebene (010). Der Charakter der Doppelbrechung ist positiv. Die $b$-Axe ist zweite Mittellinie. Auf der seitlichen Endfläche ist $a : a$ = ca. 22° im spitzen Winkel $\beta$.

Tabelle XII.

Die drei Brechungsexponenten von Pseudocodeïn.

| | Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| *α* | 55°55,7′ | 55°38,2′ | | 1,5700 | 1,5741 | |
| | 59,4 | 40,1 | konnte nicht | 1,5711 | 1,5746 | |
| | 58,2 | 37,5 | beobachtet | 1,5708 | 1,5738 | |
| | 58,7 | 39,2 | werden. | 1,5709 | 1,5744 | |
| | 56,0 | 38,9 | | 1,5701 | 1,5743 | |
| | 56,6 | 39,1 | | 1,5703 | 1,5743 | |
| | | | Mittelwert: | 1,5705 | 1,5743 | |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 1,3 | 0,8 | |
| *β* | 57°25,6′ | 57°10,2′ | | 1,5973 | 1,6023 | |
| | 27,5 | 9,6 | konnte nicht | 1,5978 | 1,6021 | |
| | 26,7 | 8,6 | beobachtet | 1,5976 | 1,6018 | |
| | 26,0 | 10,7 | werden. | 1,5974 | 1,6024 | |
| | 25,9 | 10,2 | | 1,5973 | 1,6023 | |
| | 25,9 | 9,6 | | 1,5973 | 1,6021 | |
| | | | Mittelwert: | 1,5974 | 1,6021 | |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,6 | 0,6 | |
| *γ* | 60°4,4′ | 59°45,6′ | | 1,6426 | 1,6473 | |
| | 3,6 | 44,4 | konnte nicht | 1,6424 | 1,6470 | |
| | 4,3 | 47,2 | beobachtet | 1,6426 | 1,6478 | |
| | 5,2 | 44,6 | werden. | 1,6429 | 1,6471 | |
| | 4,2 | 44,5 | | 1,6426 | 1,6471 | |
| | 4,3 | 44,7 | | 1,6426 | 1,6471 | |
| | | | Mittelwert: | 1,6426 | 1,6472 | |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,4 | 0,8 | |

Die drei Brechungsexponenten[1]) wurden mit Hilfe des Refractometers an einem Spaltblättchen nach der vorderen Endfläche und an einer Prismenfläche bestimmt. Als Adhäsionsflüssigkeit diente ausschließlich *α*-Monobromnaphtalin. Die Krystalle lassen sich weder schleifen noch polieren, da sie sich beim geringsten Drucke spalten. Für die *F*-Linie eine einstellbare Curve zu erhalten, gelang nicht einmal für einen einzigen Brechungsexponenten. Die Stärke der Doppelbrechung beträgt: $\gamma_D - \alpha_D = 0{,}0729$.

**11. Dicyandiamid** $(CN.NH_2)_2$. Schmelzpunkt: 205°.

Das untersuchte Dicyandiamid war von der Cyanid-Gesellschaft m. b. H. in Berlin bezogen worden und mir durch die Güte des Herrn Prof. Dr. Vongerichten in Jena überlassen worden, wofür ich ihm großen Dank schulde.

Krystallographische Messungen liegen bereits von Neufville[2]), der die Krystalle fälschlicherweise für rhombisch hält, und von Haushofer[3]) vor.

1) Siehe Tabelle XII. 2) Ber. d. deutsch. chem. Ges. 1891, I, **24**, 902.

3) Diese Zeitschr. 1879, **3**, 73. Haushofer belegt hier die Verbindung $(CN.NH_2)_2$ mit dem unrichtigen Namen »Dicyanamid«.

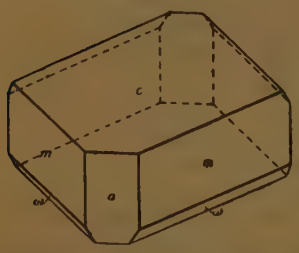
Die Winkelmessungen des letzteren stimmen mit den meinigen sehr gut überein; jedoch scheint Haushofer bei der Berechnung der Krystallflächen ein Fehler untergelaufen zu sein: Die von ihm angeführte Hemipyramide $\{111\}$ ist nicht eine vordere, sondern eine hintere.

Als Lösungsmittel benutzte ich Wasser und Alkohol. Die aus alkoholischer Lösung erhaltenen Krystalle waren nur in kurzen, spitzen Nadeln ausgebildet. Aus gesättigter, wässeriger Lösung scheiden sich die Krystalle bei gewöhnlicher Zimmertemperatur nur sehr langsam aus; es bilden sich hierbei fast immer nur Aggregate von Krystallen, die so dicht miteinander verwachsen sind, daß an den hervortretenden Enden der einzelnen Individuen höchstens zwei bis drei Krystallflächen zu beobachten sind. Dagegen erhält man aus demselben Lösungsmittel bei einer Temperatur von ca. 35°, die man mit Leichtigkeit in einem Wasserthermostaten constant halten kann, frei ausgebildete Krystalle bis zu einer Größe von 1,5 cm.

Krystallsystem: Monoklin-prismatische Klasse.

$a:b:c = 1{,}1109:1:1{,}4213$; $\beta = 115°20'$. Haushofer gibt an $a:b:c = 1{,}1150:1:0{,}8055$; $\beta = 115°13'$.

Fig. 8.




Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $m\{110\}$, $a\{100\}$, $\omega\{11\bar{1}\}$ (selten) (Fig. 8).

Die farblosen, klar durchsichtigen, stark glänzenden Krystalle sind tafelförmig nach der Basis (001) ausgebildet. Die Basis $\{001\}$ und die Prismenflächen $\{110\}$ herrschen vor; die vordere Endfläche ist immer, aber gewöhnlich nur sehr klein entwickelt. Nur an zwei Krystallen konnten die Pyramidenflächen $\{11\bar{1}\}$ beobachtet werden, die, sehr schmal und teilweise gewölbt, nur undeutliche Reflexe gaben. Alle Versuche, durch Änderung der Temperatur, durch Zusätze geringer Mengen von verschiedenen Stoffen Krystalle mit gut ausgebildeten Pyramiden- und Domenflächen zu erhalten, schlugen fehl. Immer schieden sich Krystalle von dem obigen Habitus aus.

Zwillingsbildung nach der Basis ist nicht selten.

Folgende Winkel wurden gemessen bezw. berechnet:

| | Verfasser. | | Haushofer. |
|---|---|---|---|
| Winkel: | Gemessen: | Berechnet: | Gemessen: |
| $p:p = (110):(\bar{1}10)$ | *89°46′ | — | 89°30′ |
| $a:c = (\bar{1}00):(001)$ | *115 20 | — | 115 13 |
| $c:p = (001):(110)$ | 72 28 | 72°25′ | 72 32 |
| $o:p = (11\bar{1}):(110)$ | *36 50 | — | 36 49 |

Die Spaltbarkeit nach der vorderen Endfläche (100) ist ausgezeichnet, nach der Basis (001) vollkommen.

Das spec. Gewicht, in Methylenjodid bestimmt, ist gleich 1,404—1,405 bei 14°.

Die optische Axenebene geht der Symmetrieebene (010) parallel. Die zweite Mittellinie tritt fast senkrecht zur vorderen Endfläche (100) aus. Der Charakter der Doppelbrechung ist positiv. Auf der seitlichen Endfläche ist $c : c$ = ca. 11° im spitzen Winkel $\beta$.

Eine optische Axe steht fast senkrecht auf der Basis (001). An einer Krystallplatte, die nahezu senkrecht zur vorderen Endfläche und zur $c$-Axe geschliffen war, wurde der spitze Axenwinkel in Paraffinöl für die $D$-Linie $2H_a = 40°44'$ bestimmt. Der stumpfe Axenwinkel konnte jedoch nicht gemessen werden. Aus dem Werte für $2H_a$, dem Brechungsexponenten $\beta$ der Substanz und demjenigen des Paraffinöls ($n_D = 1{,}4725$) berechnet sich der wahre Axenwinkel nach der Formel[1]: $\sin V_a = \frac{n}{\beta} \cdot \sin H_a$ wie folgt: $2V_a = 38°38'$. Mit Hilfe der Brechungsexponenten, deren Werte in der Tabelle XIII, S. 280 angegeben sind, wurde nach der Formel[2]

$$\cos V = \sqrt{\frac{\frac{1}{\beta^2} - \frac{1}{\gamma^2}}{\frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{\gamma^2}}}$$

der optische Axenwinkel: $2V_a = 39°8'$ gefunden.

Von den drei Brechungsexponenten wurden $\alpha$ und $\beta$ mittels des Refractometers an der angeschliffenen Basis und an einem Spaltblättchen nach der vorderen Endfläche (100) unter Benutzung von $\alpha$-Monobromnaphtalin bestimmt. Der Brechungsexponent $\gamma$ wurde mit Hilfe eines Prismas gemessen, dessen brechende Kante der Richtung der ersten Mittellinie parallel ging. Dieses Prisma war infolge der vorzüglichen Spaltbarkeit nach der vorderen Endfläche sehr schwer anzuschleifen und nur wenig gut zu polieren. Daher waren die drei Spectrallinien nicht sehr scharf umgrenzt.

Die Stärke der Doppelbrechung beträgt für die $D$-Linie:

$$\gamma_D - \alpha_D = 0{,}3259.$$

### 12. Melamin $(CN.NH_2)_3$.

Schmelzpunkt: Oberhalb 250°.

Das zur Untersuchung verwendete Melamin war von C. A. F. Kahlbaum in Berlin bezogen worden. Das Lösungsmittel war Wasser. Da das Melamin sich in kaltem Wasser sehr schwer, in heißem dagegen leicht löst[3]), so wurden die Krystallisationsversuche nicht bei gewöhnlicher Zimmertemperatur, sondern gleich von Anfang an bei den Temperaturen von 25°—38° vorgenommen, die in einem Thermostaten constant gehalten wurden. Aus

1) Groth, Physik. Kryst. IV. Aufl., 1905, 134. 2) Ebenda S. 136.
3) Beilstein, 3. Aufl., I, 1443.

Tabelle XIII.

Die drei Brechungsexponenten von Dicyandiamid.

| | Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| $\alpha$ | 53°42,1′ | 52°55,1′ | 52°15,9′ | 1,5477 | 1,5212 | 1,5320 |
| | 42,2 | 54,9 | 15,4 | 1,5478 | 1,5214 | 1,5319 |
| | 42,0 | 55,1 | 17,0 | 1,5477 | 1,5212 | 1,5324 |
| | 41,8 | 55,1 | 16,3 | 1,5476 | 1,5212 | 1,5322 |
| | 42,1 | 55,1 | 15,5 | 1,5477 | 1,5212 | 1,5319 |
| | | | Mittelwert: | 1,5477 | 1,5212 | 1,5321 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,2 | 0,2 | 0,7 |
| $\beta$ | 54°37,0′ | 54°20,6′ | 53°32,0′ | 1,5453 | 1,5493 | 1,5579 |
| | 37,3 | 20,1 | 33,3 | 1,5453 | 1,5492 | 1,5584 |
| | 37,4 | 20,5 | 31,1 | 1,5454 | 1,5493 | 1,5576 |
| | 37,3 | 20,6 | 31,2 | 1,5453 | 1,5493 | 1,5576 |
| | 38,0 | 20,9 | 32,0 | 1,5456 | 1,5494 | 1,5579 |
| | | | Mittelwert: | 1,5454 | 1,5493 | 1,5579 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,4 | 0,2 | 1,0 |

$\gamma$, bestimmt mit Hilfe eines Prismas.

| Prismen-winkel | Winkel der kleinsten Ablenkung | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| 38°6′ | 35°28′ 30″ | 36°2′ 45″ | 37°7′ 0″ | 1,8348 | 1,8469 | 1,8697 |
| | 33 0 | 3 15 | 37 7 0 | 1,8363 | 1,8471 | 1,8697 |
| | 30 30 | 2 0 | | 1,8354 | 1,8467 | |
| | 32 0 | 3 45 | | 1,8359 | 1,8473 | |
| | 30 30 | 2 30 | | 1,8354 | 1,8469 | |
| | 29 0 | 4 15 | | 1,8350 | 1,8475 | |
| | 30 0 | 3 0 | | 1,8353 | 1,8470 | |
| | | | Mittelwert: | 1,8354 | 1,8471 | 1,8697 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 1,4 | 0,7 | |

diesen Lösungen wurden kleine, lebhaft glänzende Krystalle (höchstens 2—3 mm groß) erhalten, die ein monoklines Prisma mit Klinodomenflächen zeigten. Viel größere Krystalle — bis zu 1 cm — schieden sich aus wässeriger Lösung bei einer Temperatur von 60° aus. An diesen trat auch noch eine dritte Form, die Basis, auf.

Die Krystalle sind durchsichtig bis durchscheinend, gewöhnlich farblos, die größeren etwas blaßgelb gefärbt. Sie sind teils prismatisch nach der *c*-Axe, teils tafelförmig nach der Basis entwickelt (Fig. 9 und 10). Die Basis und die Prismenflächen glänzen sehr stark, die Domenflächen sind dagegen matt.

Krystallographisch ist das Melamin schon untersucht worden von Liebig[1]) und dann genauer von Weibull[2]). Letzterer stellte die Überein-

1) Ann. d. Chem. u. Pharm. 1837, **10**, 18. 2) Journ. f. prakt. Chem. 1886, **33**, 294.

stimmung in krystallographischer Hinsicht des aus rohem Melam dargestellten mit dem aus Cyanchlorid erhaltenen Melamin fest. Darauf beziehen sich die weiter unten bei den Winkelmessungen angegebenen zwei Reihen von Winkelwerten:

Fig. 9.

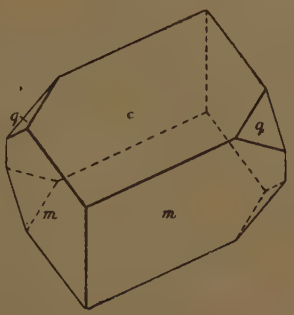
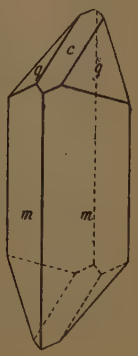



Fig. 10.




Das Krystallsystem ist monoklin-prismatisch.

$a : b : c = 1{,}4121 : 1 : 0{,}9728;$
$\beta = 112^0 16'.$

Weibull gibt an:

$a : b : c = 1{,}4091 : 1 : 0{,}9783;$
$\beta = 111^0 47'.$

(Liebig[1]): $a : b : c = 0{,}43 : 1 : 0{,}538$).

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $q\{011\}$, $c\{001\}$ (Fig. 9 und 10).

Folgende Winkel wurden gemessen bezw. berechnet:

| | Weibull. | | Liebig. | Verfasser. | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Melamin I: | Melamin II: | Gemessen: | Gemessen: | Ber.: |
| $m : m = (110) : (\bar{1}10) =$ | $74^0 52'$ | $74^0 45'$ | $74^0 20'$ | $*74^0 50'$ | — |
| $m : c = (110) : (001) =$ | — | 76 59 | 75 5 | 76 32 | $76^0 42'$ |
| $c : q = (001) : (011) =$ | 41 56 | 42 15 | — | 41 44 | 41 58 |
| $q : m = (011) : (110) =$ | 45 27 | 45 19 | — | *45 23 | — |
| $q : m = (011) : (\bar{1}10) =$ | 68 57 | — | 64 56 | 68 50 | 68 54 |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1) =$ | — | — | — | *83 57 | — |

Eine deutliche Spaltbarkeit nach der Basis (001) ist vorhanden. Das spec. Gewicht wurde in Thoulet'scher Lösung zu 1,573 bei 14° C. bestimmt.

Die optische Axenebene geht der Symmetrieebene (010) parallel. Die erste Mittellinie weicht nicht sehr, ca. $5^0$—$6^0$, von der $a$-Axe ab. Der Charakter der Doppelbrechung ist negativ. Ihre Stärke beträgt: $\gamma_D - \alpha_D = 0{,}3815$. Auf der seitlichen Endfläche ist: $a : \mathfrak{a}$ = ca. $6^0$ im spitzen Winkel $\beta$. Von den drei Brechungsexponenten (siehe Tabelle XIV, S. 282) wurden $\alpha$ und $\beta$ mit Hilfe des Totalrefractometers an zwei angeschliffenen, verschieden orientierten Flächen bestimmt. Als Adhäsionsflüssigkeit diente Methylenjodid. Zur Messung des Brechungsindex $\gamma$ wurde ein Prisma hergestellt und zwar auf folgende Weise: an einem Krystalle wurde die seitliche Endfläche (010) angeschliffen. Mit dieser Fläche wurde der Krystall auf einem Objectträger aufgekittet, und dann unter dem Mikroskope die

1) Liebig hielt die Krystalle des Melamins für rhombische Prismen.

Tabelle XIV.

Die drei Brechungsexponenten von Melamin.

| | Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| | 54°42,0′ | 51°24,5′ | 50°44,8′ | 1,4874 | 1,4904 | 1,4990 |
| | 42,7 | 25,8 | 42,5 | 1,4877 | 1,4908 | 1,4993 |
| | 41,7 | 25,4 | 42,9 | 1,4873 | 1,4907 | 1,4994 |
| | 42,2 | 25,2 | 42,4 | 1,4875 | 1,4906 | 1,4992 |
| $\alpha$ | 42,7 | 25,0 | 41,7 | 1,4877 | 1,4906 | 1,4990 |
| | 42,1 | 24,5 | 42,0 | 1,4875 | 1,4907 | 1,4991 |
| | 43,3 | 25,0 | 42,3 | 1,4879 | 1,4906 | 1,4992 |
| | | | Mittelwert: | 1,4876 | 1,4906 | 1,4992 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,5 | 0,3 | 0,4 |
| | 66°11,0′ | 66°4,7′ | 65°42,1′ | 1,7340 | 1,7430 | 1,7655 |
| | 11,0 | 3,7 | 42,0 | 1,7340 | 1,7428 | 1,7656 |
| | 11,1 | 4,4 | 42,9 | 1,7340 | 1,7429 | 1,7658 |
| | 11,0 | 4,6 | 41,2 | 1,7340 | 1,7430 | 1,7654 |
| $\beta$ | 11,5 | 3,8 | 43,0 | 1,7341 | 1,7428 | 1,7658 |
| | 11,7 | 3,8 | 41,9 | 1,7341 | 1,7428 | 1,7656 |
| | 11,4 | 3,3 | 41,2 | 1,7340 | 1,7427 | 1,7654 |
| | | | Mittelwert: | 1,7340 | 1,7429 | 1,7656 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,1 | 0,3 | 0,4 |

$\gamma$, bestimmt mit Hilfe eines Prismas.

| Prismen-winkel | Winkel der kleinsten Ablenkung | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| 41°9′ | 40°32′ 0″ | 41°7′45″ | 42°45′15″ | 1,8609 | 1,8720 | 1,9023 |
| | 32 0 | 8 15 | 44 30 | 1,8609 | 1,8722 | 1,9020 |
| | 31 0 | 8 15 | 45 0 | 1,8606 | 1,8722 | 1,9022 |
| | 31 45 | 8 0 | 43 0 | 1,8608 | 1,8721 | 1,9046 |
| | 31 30 | 8 0 | 43 30 | 1,8607 | 1,8722 | 1,9017 |
| | 32 0 | 7 15 | 44 15 | 1,8609 | 1,8719 | 1,9020 |
| | 31 30 | 8 15 | 44 15 | 1,8607 | 1,8722 | 1,9020 |
| | | | Mittelwert: | 1,8608 | 1,8721 | 1,9020 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,3 | 0,3 | 0,6 |

Auslöschungsrichtungen der Krystallplatte, d. h. die Richtungen der ersten und zweiten Mittellinie, bestimmt und auf dem Objectträger mittels eines Diamanten eingeritzt. Der Richtung der zweiten Mittellinie parallel wurde hierauf an dem Präparat die brechende Kante des Prismas angeschliffen.

## IV. Nähere Untersuchung des optischen Verhaltens der isomeren Substanzen.

Die nachfolgenden Tabellen XV bis XIX (S. 283—285) sollen einen bequemen Einblick in die Verhältnisse der Doppelbrechung und der Farbenzerstreuung der untersuchten Stoffe gestatten. Zu diesem Zwecke enthält jede Tabelle die Glieder einer Gruppe von Isomeren nebeneinander, und zwar

## Tabelle XV.

Gruppe I. Hauptbrechungsexponenten und ihre Mittelwerte.
Stärke der Doppelbrechung. Größe der Dispersion.

| | Oxalsaures Methyl | | | | | | Bernsteinsäure | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C* | | *D* | | *F* | | *C* | | *D* | | *F* | |
| $\alpha$ | 1,4162 | 0,0015 | 1,4177 | 0,0090 | 1,4267 | | 1,4486 | 0,0017 | 1,4503 | 0,0055 | 1,4558 | |
| | 0,0441 | | 0,0439 | | 0,0437 | | 0,0829 | | 0,0835 | | 0,0852 | |
| $\beta$ | 1,4603 | 0,0013 | 1,4616 | 0,0088 | 1,4704 | | 1,5315 | 0,0023 | 1,5338 | 0,0072 | 1,5410 | |
| | 0,0889 | | 0,0905 | | 0,0936 | | 0,0747 | | 0,0762 | | 0,0794 | |
| $\gamma$ | 1,5502 | 0,0019 | 1,5521 | 0,0109 | 1,5630 | | 1,6062 | 0,0038 | 1,6100 | 0,0104 | 1,6204 | |
| $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3}$ | 1,4756 | 0,0015 | 1,4771 | 0,0096 | 1,4867 | | 1,5288 | 0,0026 | 1,5314 | 0,0077 | 1,5391 | |
| $\sqrt[3]{\alpha\cdot\beta\cdot\gamma}$ | 1,4745 | 0,0016 | 1,4761 | 0,0095 | 1,4856 | | 1,5275 | 0,0025 | 1,5300 | 0,0076 | 1,5376 | |

## Tabelle XVI.

Gruppe II. Hauptbrechungsexponenten und ihre Mittelwerte.
Stärke der Doppelbrechung. Größe der Dispersion.

| | Brenzcatechin | | | | | | Resorcin | | | | | | Hydrochinon | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C* | | *D* | | *F* | | *C* | | *D* | | *F* | | | *C* | | *D* | | *F* |
| $\alpha$ | 1,5980 | 0,0061 | 1,6044 | 0,0160 | 1,6204 | | 1,5727 | 0,0054 | 1,5781 | 0,0120 | 1,5901 | | $\omega$ | 1,6260 | 0,0065 | 1,6325 | 0,0154 | 1,6479 |
| | 0,0093 | | 0,0095 | | 0,0110 | | 0,0405 | | 0,0416 | | 0,0171 | | | 0,0065 | | 0,0063 | | 0,0059 |
| $\beta$ | 1,6073 | 0,0066 | 1,6139 | 0,0175 | 1,6314 | | 1,6132 | 0,0065 | 1,6197 | 0,0175 | 1,6372 | | $\varepsilon$ | 1,6195 | 0,0067 | 1,6262 | 0,0158 | 1,6420 |
| | 0,0183 | | 0,0197 | | 0,0222 | | 0,0074 | | 0,0076 | | 0,0077 | | | | | | | |
| $\gamma$ | 1,7255 | 0,0081 | 1,7336 | 0,0200 | 1,7536 | | 1,6208 | 0,0065 | 1,6273 | 0,0176 | 1,6449 | | | | | | | |
| $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3}$ | 1,6436 | 0,0070 | 1,6506 | 0,0179 | 1,6685 | | 1,6022 | 0,0062 | 1,6084 | 0,0157 | 1,6241 | | $\frac{2\omega+\varepsilon}{3}$ | 1,6238 | 0,0066 | 1,6304 | 0,0155 | 1,6459 |
| $\sqrt[3]{\alpha\cdot\beta\cdot\gamma}$ | 1,6426 | 0,0070 | 1,6496 | 0,0177 | 1,6673 | | 1,6021 | 0,0061 | 1,6082 | 0,0157 | 1,6239 | | $\sqrt[3]{\omega^2\cdot\varepsilon}$ | 1,6238 | 0,0066 | 1,6304 | 0,0155 | 1,6459 |

## Tabelle XVII.

Gruppe III. Hauptbrechungsexponenten und ihre Mittelwerte. Stärke der Doppelbrechung. Größe der Dispersion.

| | Orthodinitrotoluol 1.2.4 | | | | | Paradinitrotoluol 1.2.6 | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C* | | *D* | | *F* | *C* | | *D* | | *F* |
| $\alpha$ | 1,4394 | 0,0029 | 1,4423 | 0,0104 | 1,4527 | 1,4757 | 0,0031 | 1,4788 | 0,0087 | 1,4875 |
| | 0,2173 | | 0,2196 | | 0,2244 | 0,1868 | | 0,1906 | | 0,2018 |
| $\beta$ | 1,6567 | 0,0052 | 1,6619 | 0,0152 | 1,6771 | 1,6625 | 0,0069 | 1,6694 | 0,0199 | 1,6893 |
| | 0,0873 | | 0,0937 | | 0,1113 | 0,0620 | | 0,0645 | | 0,0730 |
| $\gamma$ | 1,7440 | 0,0116 | 1,7556 | 0,0328 | 1,7884 | 1,7245 | 0,0074 | 1,7339 | 0,0284 | 1,7623 |
| $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3}$ | 1,6134 | 0,0065 | 1,6199 | 0,0195 | 1,6394 | 1,6209 | 0,0064 | 1,6273 | 0,0191 | 1,6464 |
| $\sqrt[3]{\alpha\cdot\beta\cdot\gamma}$ | 1,6081 | 0,0061 | 1,6145 | 0,0188 | 1,6333 | 1,6174 | 0,0063 | 1,6237 | 0,0181 | 1,6421 |

## Tabelle XVIII.

Gruppe IV. Hauptbrechungsexponenten und ihre Mittelwerte. Stärke der Doppelbrechung. Größe der Dispersion.

| | Codeïn | | | | | Isocodeïn | | | | | Pseudocodeïn | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C* | | *D* | | *F* | *C* | | *D* | | *F* | *C* | | *D* |
| $\alpha$ | 1,5402 | 0,0026 | 1,5428 | 0,0079 | 1,5507 | 1,6026 | 0,0044 | 1,6070 | 0,0079 | 1,6149 | 1,5705 | 0,0038 | 1,5743 |
| | 0,0883 | | 0,0927 | | 0,1007 | 0,0338 | | 0,0352 | | 0,0408 | 0,0269 | | 0,0278 |
| $\beta$ | 1,6285 | 0,0070 | 1,6355 | 0,0159 | 1,6514 | 1,6364 | 0,0058 | 1,6422 | 0,0135 | 1,6557 | 1,5974 | 0,0047 | 1,6021 |
| | 0,0445 | | 0,0483 | | | 0,0333 | | 0,0332 | | | 0,0151 | | 0,0451 |
| $\gamma$ | 1,6730 | 0,0108 | 1,6838 | | | 1,6697 | 0,0057 | 1,6754 | | | 1,6426 | 0,0046 | 1,6472 |
| $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3}$ | 1,6139 | 0,0068 | 1,6207 | | | 1,6362 | 0,0053 | 1,6415 | | | 1,6035 | 0,0044 | 1,6079 |
| $\sqrt[3]{\alpha\cdot\beta\cdot\gamma}$ | 1,6130 | 0,0066 | 1,6196 | | | 1,6360 | 0,0053 | 1,6413 | | | 1,6032 | 0,0044 | 1,6076 |

Tabelle XIX.

| Gruppe V. | Hauptbrechungsexponenten und ihre Mittelwerte. Stärke der Doppelbrechung. Größe der Dispersion. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Dicyandiamid | | | Melamin | | |
| | *C* | *D* | *F* | *C* | *D* | *F* |
| $\alpha$ | 1,5177 | 0,0035 1,5212 | 0,0109 1,5321 | 1,4876 | 0,0030 1,4906 | 0,0086 1,4992 |
| | 0,0277 | 0,0281 | 0,0258 | 0,2464 | 0,2523 | 0,2664 |
| $\beta$ | 1,5454 | 0,0039 1,5493 | 0,0086 1,5579 | 1,7340 | 0,0089 1,7429 | 0,0227 1,7656 |
| | 0,2900 | 0,2978 | 0,3118 | 0,1268 | 0,1292 | 0,1364 |
| $\gamma$ | 1,8354 | 0,0117 1,8471 | 0,0226 1,8697 | 1,8608 | 0,0113 1,8721 | 0,0299 1,9020 |
| $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3}$ | 1,6328 | 0,0064 1,6392 | 0,0140 1,6532 | 1,6941 | 0,0078 1,7019 | 0,0204 1,7223 |
| $\sqrt[3]{\alpha\cdot\beta\cdot\gamma}$ | 1,6267 | 0,0061 1,6328 | 0,0136 1,6464 | 1,6868 | 0,0075 1,6943 | 0,0196 1,7139 |

sind darin die gefundenen Mittelwerte der Brechungsexponenten in den drei Hauptrichtungen eines Krystalls für die drei Spectrallinien *C*, *D* und *F* eingetragen, ferner zwischen je zwei benachbarten Brechungsexponenten in verticaler Richtung die Stärke der Doppelbrechung und schließlich ebenso in horizontaler Richtung die Größe der Dispersion zwischen den einzelnen untersuchten Frauenhofer'schen Linien. Wir sehen aus diesen Tabellen, daß die Brechungsexponenten der einzelnen Glieder der isomeren Gruppen von einander ganz verschieden sind. Nirgends läßt sich eine Übereinstimmung irgendwelcher Art feststellen. Nur in zwei oder drei Gruppen bemerkt man, daß die Werte für den Brechungsexponenten $\beta$ sich einander nähern. Trotzdem aber läßt sich eine gewisse Gesetzmäßigkeit in den Tabellen nicht verkennen. Die Zahlen für die Stärke der Doppelbrechung nehmen gewöhnlich von links nach rechts und die für die Größe der Dispersion von oben nach unten zu. Das heißt also: Die Farbenzerstreuung wird mit dem Größerwerden der Brechungsexponenten beträchtlicher. Eine Ausnahme machen nur das oxalsaure Methyl, bei dem die Dispersion für $\beta$ in beiden Bezirken *C*—*D* und *D*—*F* kleiner ist als für $\alpha$ und $\gamma$, das Hydrochinon, bei dem die Verhältnisse in Bezug auf diesen Bezirk genau umgekehrt liegen und das Dicyandiamid. Hier ist die Dispersion bei $\beta$ für den Bezirk *D*—*F* kleiner als bei $\alpha$ und $\gamma$.

Die Dispersion selbst ist bei allen untersuchten Stoffen eine normale, d. h. die Lichtstrahlen von kürzerer Wellenlänge werden am stärksten gebrochen.

Um nun zwei optisch anisotrope Körper hinsichtlich ihres Brechungsvermögens miteinander oder mit einem optisch isotropen Körper vergleichen zu können, ist es nötig, aus den Brechungsexponenten in den ausgezeichneten Richtungen eines Krystalls einen mittleren Wert zu bilden. Wie man diesen findet, gibt Pope[1]) in seiner Abhandlung: »Die Refractionsconstanten

1) Diese Zeitschr. 1897, **28**, 114.

kystallisierter Salze« an. Indem er den Radius der Kugel berechnet, welche mit der Indexfläche eines ein- oder zweiaxigen Krystalls gleichen Inhalt hat, erhält er als mittleren Brechungsindex für einen einaxigen Krystall den Wert $r = \sqrt[3]{\omega^2 \cdot \varepsilon}$ und für einen zweiaxigen Krystall $r = \sqrt[3]{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}$. Gewöhnlich kann man in der Praxis statt dieses Wertes das arithmetische Mittel, $\frac{2\omega + \varepsilon}{3}$ bezw. $\frac{\alpha + \beta + \gamma}{3}$, nehmen, was ein viel bequemeres Rechnen gestattet. Jedoch ist bei stark doppelbrechenden Substanzen die Bildung des arithmetischen Mittels durchaus nicht mehr erlaubt; denn hier sind die Abweichungen schon sehr beträchtlich und fallen nicht innerhalb der Grenzen der Beobachtungsfehler.

In den vorliegenden Tabellen XV—XIX sind die Mittelwerte, auf beide Weisen berechnet, angegeben. Man sieht hieraus, daß man bei den schwach doppelbrechenden Substanzen, wie Hydrochinon, Resorcin, Isocodeïn, Pseudocodeïn, ohne Fehler das arithmetische Mittel anwenden darf. Bei den übrigen werden die Differenzen schon bemerklicher. Ganz erhebliche Abweichungen zwischen beiden Werten aber treten bei dem Orthodinitrotoluol, dem Dicyandiamid und vor allem bei dem am stärksten doppelbrechenden Melamin auf. Die Differenz beträgt hier fast acht Einheiten in der dritten Decimale für die $D$-Linie und noch mehr für die $F$-Linie.

### a. Gang der Dispersion.

Da, wie wir gesehen haben, die Dispersion in den isomeren Gruppen, etwas Gesetzmäßiges zu zeigen scheint, so ist es wohl angebracht, den Gang der Dispersion in den einzelnen Gruppen näher zu betrachten. Hierbei bedient man sich am besten des von Abbe und Schott angewandten, von Pulfrich mitgeteilten Verfahrens[1]). Danach gibt man für die einzelnen Spectralbezirke $A—C$, $C—D$, $D—F$ usw. die Differenzen der den einzelnen Spectrallinien zugehörigen Brechungsexponenten an. »Unter diesen stehen mit kleineren Ziffern die Quotienten, gebildet aus diesen Differenzen und dem Betrage der mittleren Dispersion $C—F$.« Auf diese Weise ist man imstande, »sich aus den Zahlen ohne weiteres, d. h. ohne weitläufige Rechnungen, über die den Verlauf der Dispersion charakterisierenden Größen zu orientieren. Sind insbesondere die einem Spectralbezirke zugehörigen Quotienten der beiden miteinander verglichenen Körper gleich, so zeigt das eine Proportionalität der bezüglichen relativen Dispersionen an. Sind sie verschieden, so weist der größere Quotient stets auf eine relative Verlängerung, der kleinere stets auf eine relative Verkürzung des betreffenden Spectralbezirkes hin.«

---

1) Winkelmann, Handb. d. Phys. 1. Aufl., 1894, II (1), 323.

Analog sind die folgenden Tabellen XX bis XXII (S. 288 u. 289) gebildet worden. Betrachten wir uns in der Tabelle XX zunächst den Gang der Dispersion bei den beiden Dinitrotoluolen, so sehen wir, daß bei dem Brechungsexponenten $\alpha$ der Bezirk $C—D$ für das Dinitrotoluol 1.2.6 eine Verlängerung, der Bezirk $D—F$ eine Verkürzung erfährt im Vergleich mit denselben Bezirken für das Dinitrotoluol 1.2.4. In Bezug auf den Brechungsexponenten $\beta$ sind diese zwei Bezirke für die beiden Isomeren fast gleich groß. Dagegen tritt bei dem Brechungsexponenten $\gamma$ das Umgekehrte ein wie bei $\alpha$. Hier hat das Dinitrotoluol 1.2.4 den relativ größeren Bezirk $C—D$ und den relativ kleineren Bezirk $D—F$. Es nimmt also bei dem Orthodinitrotoluol der Bezirk $C—D$ mit steigendem Brechungsindex zu, der Bezirk $D—F$ in gleicher Weise ab. Das Paradinitrotoluol verhält sich darin gerade entgegengesetzt. Für den mittleren Wert $\sqrt[3]{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}$ sind die beiden Bezirke für beide Isomeren wieder fast gleich groß. Dasselbe gilt auch für die zweite Gruppe der untersuchten stellungsisomeren Substanzen: Brenzcatechin, Resorcin und Hydrochinon, wenn auch hier die Abweichungen der den beiden Spectralbezirken $C—D$ und $D—F$ zugehörigen Quotienten für den Mittelwert der Brechungsexponenten etwas größer sind, als es in der vorhergehenden Gruppe der Fall ist. Es ist besonders das Hydrochinon, das eine stärkere Differenz zeigt, während die beiden Spectralbezirke für das Brenzcatechin und das Resorcin sehr angenähert gleich sind. Doch sind diese Abweichungen bei weitem noch nicht so bedeutend, wie wir sie bei den Gruppen der Metameren im weiteren Sinne und der Polymeren finden werden.

Die Codeïne konnten in diese Erörterungen nicht einbezogen werden, weil bei ihnen nur teilweise die Brechungsexponenten für die $F$-Linie bestimmt werden konnten.

Die Tabelle XXI zeigt das merkwürdige Bild, daß für alle drei Brechungsexponenten bei der Bernsteinsäure der Bezirk $C—D$ eine Verlängerung, der Bezirk $D—F$ eine Verkürzung erfährt in Bezug auf die entsprechenden Bezirke bei dem oxalsauren Methyl. Die Bernsteinsäure bricht also die roten Strahlen stärker, die blauen schwächer als das mit ihr isomere oxalsaure Methyl. Mithin muß auch für den Mittelwert $\sqrt[3]{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}$ eine erhebliche Verlängerung des Bezirkes $C—D$ und eine Verkürzung des Bezirkes $D—F$ bei der Bernsteinsäure in Bezug auf dieselben Bezirke des oxalsauren Methyls resultieren. Weiter ersieht man aus der Tabelle, daß der Bezirk $C—D$ bei der Bernsteinsäure mit wachsenden Brechungsexponenten zunimmt, der Bezirk $D—F$ dagegen abnimmt. Bei dem oxalsauren Methyl ist zwar auch für $\gamma$ in Bezug auf $\alpha$ der Bezirk $C—D$ größer und der Bezirk $D—F$ relativ kleiner, aber $\beta$ steht mit seinen Werten nicht in der

## Tabelle XX.

Gang der Dispersion in den stellungsisomeren Gruppen.

| Brechungs-exponenten | Dinitrotoluol 1.2.4 | | Dinitrotoluol 1.2.6 | |
|---|---|---|---|---|
| | $C-D$ | $D-F$ | $C-D$ | $D-F$ |
| $\alpha$ | 0,0029<br>0,218 | 0,0104<br>0,782 | 0,0031<br>0,263 | 0,0087<br>0,737 |
| $\beta$ | 0,0052<br>0,255 | 0,0152<br>0,746 | 0,0069<br>0,258 | 0,0199<br>0,743 |
| $\gamma$ | 0,0116<br>0,261 | 0,0328<br>0,739 | 0,0074<br>0,207 | 0,0284<br>0,793 |
| $\sqrt[3]{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}$ | 0,0064<br>0,254 | 0,0188<br>0,746 | 0,0063<br>0,255 | 0,0184<br>0,745 |

| | Brenzcatechin | | Resorcin | | Hydrochinon | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $C-D$ | $D-F$ | $C-D$ | $D-F$ | | $C-D$ | $D-F$ |
| $\alpha$ | 0,0064<br>0,286 | 0,0160<br>0,714 | 0,0054<br>0,310 | 0,0120<br>0,690 | $\omega$ | 0,0065<br>0,298 | 0,0154<br>0,702 |
| $\beta$ | 0,0066<br>0,274 | 0,0175<br>0,726 | 0,0065<br>0,271 | 0,0175<br>0,729 | $\varepsilon$ | 0,0067<br>0,297 | 0,0158<br>0,703 |
| $\gamma$ | 0,0081<br>0,288 | 0,0200<br>0,712 | 0,0065<br>0,270 | 0,0176<br>0,730 | | | |
| $\sqrt[3]{\alpha \cdot \gamma \cdot \beta}$ | 0,0070<br>0,283 | 0,0177<br>0,717 | 0,0061<br>0,280 | 0,0157<br>0,720 | $\sqrt[3]{\omega^2 \cdot \varepsilon}$ | 0,0066<br>0,299 | 0,0155<br>0,71 |

## Tabelle XXI.

Gang der Dispersion in der Gruppe der Metameren im weiteren Sinne.

| | Oxalsaures Methyl | | Bernsteinsäure | |
|---|---|---|---|---|
| | $C-D$ | $D-F$ | $C-D$ | $D-F$ |
| $\alpha$ | 0,0015<br>0,143 | 0,0090<br>0,857 | 0,0017<br>0,236 | 0,0055<br>0,764 |
| $\beta$ | 0,0013<br>0,129 | 0,0088<br>0,871 | 0,0023<br>0,242 | 0,0072<br>0,758 |
| $\gamma$ | 0,0019<br>0,148 | 0,0109<br>0,852 | 0,0038<br>0,268 | 0,0104<br>0,732 |
| $\sqrt[3]{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}$ | 0,0016<br>0,144 | 0,0095<br>0,856 | 0,0025<br>0,248 | 0,0076<br>0,753 |

Mitte zwischen diesen beiden Brechungsindices, sondern sein Bezirk $C-D$ ist der relativ kleinste und sein Bezirk $D-F$ der relativ größte.

Tabelle XXII gibt den Gang der Dispersion in der Gruppe der Polymeren an. Auch hier resultiert, wenn auch nicht so auffallend wie bei der metameren Gruppe, für den Mittelwert $\sqrt[3]{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}$ des Dicyandiamids in Bezug auf den des Melamins eine starke Verlängerung des Bezirkes $C-D$ und eine Verkürzung des Bezirkes $D-F$.

Tabelle XXII.

Gang der Dispersion in der Gruppe der Polymeren.

| | Dicyandiamid | | Melamin | |
|---|---|---|---|---|
| | $C-D$ | $D-F$ | $C-D$ | $D-F$ |
| $\alpha$ | 0,0035<br>0,243 | 0,0109<br>0,757 | 0,0030<br>0,259 | 0,0086<br>0,740 |
| $\beta$ | 0,0039<br>0,312 | 0,0086<br>0,688 | 0,0089<br>0,282 | 0,0227<br>0,718 |
| $\gamma$ | 0,0117<br>0,341 | 0,0226<br>0,659 | 0,0113<br>0,274 | 0,0299<br>0,726 |
| $\sqrt[3]{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}$ | 0,0061<br>0,310 | 0,0136<br>0,690 | 0,0075<br>0,277 | 0,0196<br>0,723 |

### b. Relative Dispersion.

Wie bei dem Gange der Dispersion, so läßt sich auch in Bezug auf die relative Dispersion ein sehr markanter Unterschied zwischen den untersuchten stellungsisomeren Substanzen einerseits und den metameren im weiteren Sinne und den polymeren andererseits feststellen.

Unter der relativen Dispersion versteht man den Quotienten $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$ [1]. Da dieser Wert fast immer sehr klein ausfallen wird, so wendet man gewöhnlich zur bequemeren Übersicht den reciproken Wert dieses Quotienten an und bezeichnet diesen Ausdruck mit $\nu$.

In den Tabellen XXIII bis XXV (S. 290 und 291) sind die beiden Werte sowohl für die einzelnen Brechungsexponenten als auch für ihre Mittelwerte ausgerechnet. Eine Discussion dieser Tabellen ergibt folgendes: Bei den beiden Dinitrotoluolen nimmt die relative Dispersion mit dem Größerwerden der Brechungsexponenten zu; für den mittleren Wert $\sqrt[3]{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}$ zeigen beide Isomere fast dieselbe relative Dispersion. Der Unterschied zwischen den beiden Werten für $\nu$ beträgt nur 3,6%.

Auch in der zweiten Gruppe der Tabelle XXIII: Brenzcatechin, Resorcin und Hydrochinon erhält man für den mittleren Wert des Brechungsvermögens als relative Dispersion nur wenig von einander abweichende Zahlen. Berechnet man die Unterschiede der Werte für $\nu$ in Bezug auf das $\nu$ des Hydrochinons, so betragen sie, in Procentzahlen ausgedrückt, für Resorcin 2,1%, für Brenzcatechin 5,6%.

Viel größere Abweichungen ergeben sich für die Werte $\nu$ in den Gruppen der Metameren im weiteren Sinne und der Polymeren (Tabelle XXIV und XXV). Bei der Bernsteinsäure und dem oxalsauren Methyl betragen diese 18,2%, bei dem polymeren Dicyandiamid und Melamin sogar 20,3%. Aus all dem ersieht man deutlich, daß, je näher die Isomeren mit einander

1) Winkelmann, Handb. d. Phys. 1894, 321—322.

## Tabelle XXIII.

Relative Dispersion in den stellungsisomeren Gruppen.

| Brech.-Expon. | Dinitrotoluol 1.2.4 | | | | Dinitrotoluol 1.2.6 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $n_F - n_C$ | $n_D - 1$ | $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$ | $\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$ | $n_F - n_C$ | $n_D - 1$ | $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$ | $\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$ |
| $\alpha$ | 0,0133 | 0,4423 | 0,03007 | 33,3 | 0,0118 | 0,4788 | 0,02465 | 40,6 |
| $\beta$ | 0,0204 | 0,6619 | 0,03082 | 32,4 | 0,0268 | 0,6694 | 0,04004 | 25,0 |
| $\gamma$ | 0,0444 | 0,7556 | 0,05876 | 17,0 | 0,0358 | 0,7339 | 0,04878 | 20,5 |
| $\sqrt[3]{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}$ | 0,0252 | 0,6145 | 0,04104 | 24,4 | 0,0247 | 0,6237 | 0,03960 | 25,3 |

| Brech.-Expon. | Brenzcatechin | | | | Resorcin | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $n_F - n_C$ | $n_D - 1$ | $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$ | $\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$ | $n_F - n_C$ | $n_D - 1$ | $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$ | $\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$ |
| $\alpha$ | 0,0224 | 0,6044 | 0,03706 | 27,0 | 0,0174 | 0,5781 | 0,03010 | 33,2 |
| $\beta$ | 0,0241 | 0,6139 | 0,03926 | 25,5 | 0,0240 | 0,6197 | 0,03873 | 25,8 |
| $\gamma$ | 0,0281 | 0,7336 | 0,03830 | 26,1 | 0,0241 | 0,6273 | 0,03842 | 26,0 |
| $\sqrt[3]{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}$ | 0,0247 | 0,6496 | 0,03802 | 26,9 | 0,0218 | 0,6082 | 0,03668 | 27,9 |

Hydrochinon

| Brechungsexponent | $n_F - n_C$ | $n_D - 1$ | $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$ | $\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$ |
|---|---|---|---|---|
| $\omega$ | 0,0225 | 0,6325 | 0,03462 | 28,9 |
| $\varepsilon$ | 0,0219 | 0,6262 | 0,03593 | 27,8 |
| $\sqrt[3]{\omega^2 \cdot \varepsilon}$ | 0,0221 | 0,6304 | 0,03506 | 28,5 |

## Tabelle XXIV.

Relative Dispersion in der Gruppe der Metameren im weiteren Sinne.

| Brech.-Expon. | Oxalsaures Methyl | | | | Bernsteinsäure | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $n_F - n_C$ | $n_D - 1$ | $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$ | $\nu = \frac{n_D - 1}{n_D - n_C}$ | $n_F - n_C$ | $n_D - 1$ | $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$ | $\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$ |
| $\alpha$ | 0,0105 | 0,4177 | 0,02514 | 39,8 | 0,0072 | 0,4503 | 0,01599 | 62,5 |
| $\beta$ | 0,0101 | 0,4616 | 0,02188 | 45,7 | 0,0095 | 0,5338 | 0,01780 | 56,2 |
| $\gamma$ | 0,0128 | 0,5521 | 0,02318 | 43,1 | 0,0142 | 0,6100 | 0,02328 | 43,0 |
| $\sqrt[3]{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}$ | 0,0111 | 0,4761 | 0,02331 | 42,9 | 0,0101 | 0,5300 | 0,01906 | 52,5 |

Tabelle XXV.

Relative Dispersion in der Gruppe der Polymeren.

| Brech.-Expon. | Dicyandiamid | | | | Melamin | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $n_F - n_C$ | $n_D - 1$ | $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$ | $\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$ | $n_F - n_C$ | $n_D - 1$ | $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$ | $\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$ |
| $\alpha$ | 0,0144 | 0,5212 | 0,02763 | 36,2 | 0,0116 | 0,4906 | 0,02365 | 42,3 |
| $\beta$ | 0,0125 | 0,5493 | 0,02276 | 43,9 | 0,0316 | 0,7429 | 0,04254 | 23,5 |
| $\gamma$ | 0,0343 | 0,8471 | 0,04049 | 24,7 | 0,0412 | 0,8721 | 0,04724 | 21,2 |
| $\sqrt[3]{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}$ | 0,0197 | 0,6328 | 0,03113 | 32,1 | 0,0271 | 0,6943 | 0,03903 | 25,6 |

verwandt sind, auch ihre Verhältnisse in Bezug auf die Farbenzerstreuung um so ähnlicher werden.

## V. Das specifische Brechungsvermögen.

In der Tabelle XXVI, S. 292 sind die einzelnen Glieder der untersuchten isomeren Gruppen nach steigendem specifischen Gewicht geordnet, das in der ersten Rubrik angegeben ist. In der zweiten Rubrik stehen die nach der Angabe von Pope berechneten Mittelwerte der Hauptbrechungsexponenten und zwar für die *C*-Linie, für die auch Landolt bei seinen Flüssigkeiten die Berechnungen durchgeführt hat. Dann folgen die Werte für das specifische Brechungsvermögen, das, wie schon anfangs erwähnt, nach der Formel $\frac{n-1}{D}$ berechnet wurde. In der letzten Columne finden sich die Abweichungen in den Werten des specifischen Brechungsvermögens der einzelnen Gruppen; sie sind in Procenten ausgedrückt und zwar beziehen sie sich immer auf den Wert für das specifische Brechungsvermögen, den die specifisch leichteste Substanz einer Gruppe besitzt.

Aus dieser Tabelle ersieht man zunächst — was sehr wichtig ist — daß mit dem specifischen Gewicht bei allen untersuchten isomeren Substanzen auch das Lichtbrechungsvermögen innerhalb der einzelnen Gruppen wächst.

Weiter erkennt man, daß, wenn auch die Werte für die Brechungsexponenten oft sehr verschieden sind, das specifische Brechungsvermögen innerhalb der einzelnen metameren Gruppen (Gruppe I—IV) gleich oder fast gleich ist, und daß, wie es den Anschein hat, die Annäherung der Werte um so größer ist, je näher die Substanzen chemisch mit einander verwandt sind. Denn die Gruppe der Metameren im weiteren Sinne zeigt die größte Abweichung. Man kann also wohl behaupten, insoweit natürlich die beschränkte Anzahl der untersuchten metameren Substanzen eine allgemeinere Schlußfolgerung zuläßt, daß, wenn die Anordnung der Atome im Molekül der festen krystallisierten Substanz auf das

Tabelle XXVI.

| Das specifische Brechungsvermögen. | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Substanz | Spec. Gew. $D$ | $n_C$ | $\frac{n-1}{D}$ | Abweichung in % |
| Gruppe I. | Oxalsaures Methyl | 1,422 | 1,4745 | 0,3337 | 0,9% |
| | Bernsteinsäure | 1,567 | 1,5275 | 0,3366 | |
| Gruppe II. | Resorcin | 1,285 | 1,6021 | 0,4686 | 0,1% |
| | Hydrochinon | 1,332 | 1,6238 | 0,4683 | 0,3% |
| | Brenzcatechin | 1,375 | 1,6426 | 0,4674 | |
| Gruppe III. | Orthodinitrotoluol | 1,521 | 1,6081 | 0,3998 | 0,3% |
| | Paradinitrotoluol | 1,540 | 1,6174 | 0,4009 | |
| Gruppe IV. | Pseudocodeïn | 1,290 | 1,6032 | 0,4676 | 0,3% |
| | Codeïn | 1,315 | 1,6130 | 0,4662 | 0,5% |
| | Isocodeïn | 1,367 | 1,6360 | 0,4653 | |
| Gruppe V. | Dicyandiamid | 1,405 | 1,6267 | 0,4461 | 2,2% |
| | Melamin | 1,573 | 1,6868 | 0,4366 | |

Brechungsvermögen einen Einfluß hat, dieser nur sehr gering sein kann, was auch Landolt bei seinen Untersuchungen über das optische Brechungsvermögen metamerer organischer Flüssigkeiten als Gesetz gefunden hat.

Bei der einzigen untersuchten Gruppe der Polymeren dagegen ist die Abweichung im specifischen Brechungsvermögen bedeutend größer als bei den Metameren. Sie beträgt 2,2%. Das Gleiche hat auch Landolt bei seinen flüssigen polymeren organischen Substanzen feststellen können. Und ebenso stimmt es auch mit den Beobachtungen jenes Autors an Flüssigkeiten überein, daß bei den krystallisierten polymeren Substanzen dasjenige Glied der Reihe, welches das größere Molekulargewicht und mithin auch die größere Dichte besitzt, das kleinere specifische Brechungsvermögen zeigt.

An die von mir untersuchten isomeren Substanzen möchte ich noch zwei Gruppen von Stellungsisomeren der Benzolreihe anschließen, die von Slijper[1]) krystallographisch untersucht worden sind. Es sind dies die

1) H. J. Slijper (in Bolsward, Friesland): Krystallographische Untersuchung der isomeren Acet- und Benztoluide (Mitteil. a. d. min.-geol. Inst. d. Reichsuniversität zu Groningen 1908, 1/2, 1—30; Holländische Dissertation, Groningen, J. Oppenheim 1906). Ref. diese Zeitschr. 1908, 45, 405.

einzigen, wenigstens mir bekannten, isomeren organischen Verbindungen, von denen im festen krystallisierten Zustande sämtliche Brechungsexponenten, wenn auch nur für eine Spectrallinie, und gleichzeitig das specifische Gewicht bestimmt worden sind.

Ich lasse die Angaben Slijpers, die hier Verwendung finden sollen, folgen:

| Substanz | Spec. Gewicht bei 15° | Brechungsexponenten für $Na$-Licht | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | $\sqrt[3]{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}$ |
| Orthoacettoluid | 1,168 | 1,556 | 1,587 | 1,700 | 1,6132 |
| Metaacettoluid | 1,141 | konnten nicht bestimmt werden. | | | |
| Paraacettoluid | 1,212 | 1,495 | 1,625 | 1,807 | 1,6374 |
| Orthobenztoluid | 1,205 | 1,621 | 1,654 | 1,694 | 1,6656 |
| Metabenztoluid | 1,170 | 1,586 | 1,668 | 1,680 | 1,6441 |
| Parabenztoluid | 1,202 | 1,587 | 1,646 | 1,769 | 1,6551 |

Da die Brechungsexponenten leider nur auf drei Decimalen bestimmt worden sind, so werden hier die Abweichungen im specifischen Brechungsvermögen wohl etwas größer sein als bei den eben betrachteten Reihen isomerer Substanzen, aber trotzdem muß sich auch hier eine Annäherung der Werte für das specifische Brechungsvermögen innerhalb der einzelnen Gruppen erkennen lassen. Und dies ist in der Tat der Fall, wie die folgende Tabelle XXVII zeigt:

Tabelle XXVII.

| Substanz | $D$ | $n_D$ | $\frac{n-1}{D}$ | Abweichung |
|---|---|---|---|---|
| Orthoacettoluid | 1,168 | 1,6132 | 0,5250 | |
| | | | 9 | 0,2% |
| Paraacettoluid | 1,212 | 1,6374 | 0,5259 | |
| Metabenztoluid | 1,170 | 1,6441 | 0,5505 | |
| | | | 32 | 0,6% |
| Parabenztoluid | 1,202 | 1,6551 | 0,5537 | |
| | | | 68 | 1,2% |
| Orthobenztoluid | 1,205 | 1,6656 | 0,5437 | |

Diese Tabelle ist in derselben Weise gebildet wie die Tabelle XXVI, S. 292. Die größte Abweichung zeigt das specifische Brechungsvermögen für das Orthobenztoluid, aber auch diese ist durchaus noch nicht so bedeutend, wie sie sich bei den polymeren Substanzen ergeben hat.

Ähnliche Verhältnisse in Bezug auf das specifische Brechungsvermögen, wie sie sich bei den untersuchten krystallisierten organischen Substanzen gezeigt haben, hat Taubert[1]) in seiner schon erwähnten Arbeit an einigen

1) E. Taubert, Beitrag zur Kenntnis polymorph. Körper. Inaug.-Diss. Jena 1905. Ref. diese Zeitschr. 1908, 44, 313.

polymorphen Mineralien nachgewiesen. Die Tabelle XXVIII, die dieser Arbeit entnommen ist[1]), zeigt dies sehr deutlich.

Tabelle XXVIII.

| Substanz | Spec. Gewicht $D$ | $n_C$ | $\frac{n-1}{D}$ | Abweichung |
|---|---|---|---|---|
| Kalkspat | 2,713 | 1,5958 | 0,2196 | |
| | | | 68 | 3,1% |
| Aragonit | 2,95 | 1,6277 | 0,2128 | |
| Anatas | 3,84 | 2,5011 | 0,3909 | |
| | | | 4 | 0,1% |
| Brookit | 4,065 | 2,5872 | 0,3905 | |
| | | | 17 | 0,4% |
| Rutil | 4,239 | 2,6642 | 0,3926 | |
| Andalusit | 3,18 | 1,6357 | 0,1999 | |
| | | | 45 | 2,3% |
| Sillimanit | 3,235 | 1,6613 | 0,2044 | |
| | | | 6 | 0,3% |
| Disthen | 3,603 | 1,7182 | 0,1993 | |

Wenn man nun erwägt, daß die untersuchten isomeren, organischen Stoffe ebenso wie die polymorphen Mineralien Substanzen im festen, krystallisierten Zustande und von stöchiometrisch gleicher Zusammensetzung sind, ferner, daß bei den einen — den organischen Verbindungen — allein die verschiedene Constitution des Moleküls das verschiedene Verhalten im specifischen Brechungsvermögen hervorruft, so dürfte man wohl die Vermutung nicht ohne weiteres zurückweisen, daß auch bei den polymorphen Mineralien wie bei den organischen Verbindungen eine analoge Beschaffenheit des Moleküls es ist, die genau dieselbe Wirkung auf das specifische Brechungsvermögen ausübt. Man hätte dann also in dem specifischen Brechungsvermögen ein Hilfsmittel in der Hand, um entscheiden zu können, ob polymorphe Mineralien in dem Verhältnis der Polymerie oder der Metamerie zu einander stehen. Wendet man dieses auf die von Taubert untersuchten Mineralien an, so erhält man folgende Beziehungen, auf die auch schon Taubert teilweise aufmerksam gemacht hat:

Kalkspat und Aragonit sind mit einander polymer, und zwar besitzt der Aragonit das größere Molekulargewicht.

Die drei Titanmineralien Anatas, Brookit und Rutil stehen im Verhältnis der Metamerie zu einander und zwar sind Anatas und Brookit wahrscheinlich — wenn es erlaubt ist, auch das Verhalten der relativen Dispersion als unterscheidendes Merkmal zu gebrauchen — stellungsisomer; denn die relative Dispersion ist für den Mittelwert der Brechungsexponenten bei beiden gleich ($\nu_1 = 11{,}4$; $\nu_2 = 11{,}3$). Für Rutil

1) l. c. S. 51.

konnten die Brechungsexponenten für die $F$-Linie und damit auch die Dispersion nicht bestimmt werden.

In der dritten Gruppe sind Andalusit und Disthen mit einander metamer und wahrscheinlich ebenfalls stellungsisomer; denn auch hier sind die Abweichungen in der relativen Dispersion noch verhältnismäßig gering. (Für Andalusit ist $\nu = 68{,}9$, für Disthen $\nu = 65{,}6$.) Dagegen steht der Sillimanit zu beiden im Verhältnis der Polymerie ($\nu = 53{,}3$).

## VI. Die Beziehung zwischen Krystallvolumen und Dichte der krystallisierten organischen isomeren Verbindungen.

Auf die Beziehung zwischen Krystallvolumen und Dichte bei polymorphen Körpern hat zuerst Linck aufmerksam gemacht und gefunden, daß die Producte aus Krystallvolumen und specifischem Gewicht bei den Gliedern einer polymorphen Reihe im einfachen rationalen Verhältnis stehen. Als Krystallvolumen wird eine bestimmte, dem Volumen des Krystallmoleküls proportionale Zahl bezeichnet. Die Art und Weise der Berechnung, die leicht aus dem Axenverhältnis und den Neigungswinkeln erfolgt, findet sich ausführlich dargestellt in Linck's Grundriß der Krystallographie (S. 235 bis 236). Zwar hat Linck zu seinen Untersuchungen nur polymorphe Mineralien herangezogen; daß er aber dieses auf empirischem Wege gefundene Gesetz auch auf organische Stoffe angewendet wissen will, geht daraus hervor, daß er den Polymorphismus der Mineralien als durch die Metamerie und Polymerie der chemischen Verbindungen begründet hält[1]).

In der Tabelle XXIX, S. 296 sind die Producte aus Krystallvolumen und Dichte für alle untersuchten Stoffe gebildet. Die Glieder der einzelnen Reihen sind nach steigendem specifischem Gewicht geordnet. Und in der Tat stehen die für jede Gruppe der isomeren organischen Verbindungen erhaltenen Zahlen im einfachen rationalen Verhältnis mit nur geringen Abweichungen in der Rationalität, die sich durch Beobachtungsfehler bei der Bestimmung sowohl des specifischen Gewichtes als auch des Axenverhältnisses vollkommen erklären lassen[2]).

Eine stark ausgeprägte morphotropische Verwandtschaft läßt sich bei zweien der untersuchten Gruppen sehr deutlich erkennen: der Gruppe III, den beiden Dinitrotoluolen, und der Gruppe V, dem Melamin und Dicyandiamid. Bei den beiden Dinitrotoluolen[3]) werden zwei krystallo-

1) Linck, Grundriß d. Kryst., II. Aufl., 1908, 231 und 232.

2) Die Abweichungen stehen, in Procentzahlen ausgedrückt, mit kleineren Ziffern unter den Verhältniszahlen.

3) An stellungsisomeren Toluolderivaten hat auch Jaeger in Zaandam (Holland) sehr nahe morphotropische Verwandtschaft und sogar Isomorphismus zweier Glieder feststellen können. (Jaeger, Über krystallonomische Symmetrie von isomeren Toluolderivaten, diese Zeitschr. 1904, 40, 369.)

Tabelle XXIX.

| | Substanz | Krystallsystem | Axenverhältnis $a:b:c=$ | $KV$ | $D$ | $KV \cdot D$ | Verhältnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe I | Oxalsaures Methyl | monoklin | 1,0351 : 1 : 0,3346<br>$\beta = 101^0 55'$ | 0,3401 | 1,422 | 0,4836 | 6 |
| | Bernsteinsäure | monoklin | 0,5688 : 1 : 0,6195<br>$\beta = 91^0 20'$ | 0,3523 | 1,567 | 0,5520 | 7<br>−2,3% |
| Gruppe II | Resorcin | rhombisch | 0,9110 : 1 : 0,5409 | 0,4928 | 1,285 | 0,6332 | 10 |
| | Hydrochinon | hexagonal-rhomboëdr. | $a:c=$<br>1,4970 : 1 | 1,9407 | 1,382 | 2,5850 | 3<br>+0,13% |
| | Brenzcatechin | monoklin | 1,5726 : 0,9776 : 1<br>$\beta = 94^0 15'$ | 1,5331 | 1,375 | 2,1080 | 12<br>+2,07% |
| Gruppe III | Orthodinitrotoluol | monoklin | 0,85930:1:0,54076<br>$\beta = 94^0 48'$ | 0,4630 | 1,521 | 0,7043 | 3<br>−1,30% |
| | Paradinitrotoluol | rhombisch | 0,5714 : 1 : 0,5407 | 0,2818 | 1,540 | 0,4758 | 2 |
| Gruppe IV | Pseudocodeïn | monoklin | 1,9882 : 0,9061 : 1<br>$\beta = 108^0 14'$ | 2,0542 | 1,290 | 2,7790 | 2<br>−1,40% |
| | Codeïn | rhombisch | 1,1496 : 1,1982 : 1 | 1,3775 | 1,315 | 1,8114 | 3 |
| | Isocodeïn | rhombisch | 1,1289 : 1,7857 : 1 | 2,0159 | 1,367 | 2,7558 | 3<br>+0,80% |
| Gruppe V | Dicyandiamid | monoklin | 1,4213 : 1 : 1,1109<br>$\beta = 115^0 20'$ | 1,4271 | 1,405 | 2,0050 | 1<br>+0,13% |
| | Melamin | monoklin | 1,4121 : 1 : 0,9728<br>$\beta = 112^0 16'$ | 1,2712 | 1,573 | 1,9991 | 1 |

graphische Axen in denselben Abständen geschnitten, der Neigungswinkel $\beta$ weicht nur um $4^0 48'$ ab. Auch der Krystallhabitus dieser beiden Isomeren ist ein analoger: sie sind tafelförmig nach der seitlichen Endfläche ausgebildet, gewöhnlich begrenzt von Prisma, seitlicher Endfläche und Basis. Im specifischen Gewicht ist der Unterschied gering. Ebenso zeigen beide fast gleiche Spaltbarkeit nach der Basis. Der Charakter der Doppelbrechung ist bei beiden negativ.

Bei den Polymeren, Dicyandiamid und Melamin, sind bei gleicher $b$-Axe die $a$- und $c$-Axen für das specifisch schwerere Melamin etwas kleiner als die entsprechenden Axen des specifisch leichteren Dicyandiamids[1]). Der Neigungswinkel $\beta$ ist nur um $3^0$ verschieden. Es muß daher das Krystallvolumen für das Dicyandiamid kleiner sein als dasjenige des Melamins. Für das Product $KV \cdot D$ resultiert aber dann bei beiden Polymeren die gleiche Zahl.

In der Tabelle XXX, S. 297 sind die Producte aus Krystallvolumen und Dichte für die einzelnen Glieder der beiden von Slijper untersuchten

1) Die bei der krystallographischen Beschreibung des Dicyandiamids gegebene Aufstellung seiner Krystalle ist hierbei geändert worden: die dortige $a$-Axe ist jetzt $c$-Axe geworden.

Tabelle XXX.

| | Substanz | Krystallsystem | Axenverhältnis $a:b:c=$ | $KV$ | $D$ | $KV \cdot D$ | Verhältnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Gruppe VI | m-Acettoluid | monoklin | 1,3452 : 1 : 0,7940 $\beta = 105^0 15'$ | 1,0305 | 1,141 | 1,1758 | 1 + 5,00 % |
| | o-Acettoluid | rhombisch | 6,7710 : 2,8209 : 1 | 19,100 | 1,168 | 22,309 | 20 + 0,05 % |
| | p-Acettoluid | monoklin | 1,2175 : 1 : 0,7868 $\beta = 106^0 7'$ | 0,9203 | 1,212 | 1,1154 | 1 |
| Gruppe VII | m-Benztoluid | monoklin | 0,5302 : 1 : 0,3673 $\beta = 91^0 9'$ | 0,1947 | 1,170 | 0,2278 | 80 + 0,36 % |
| | p-Benztoluid | rhombisch | 1 : 0,3496 : 0,3781 | 0,1332 | 1,202 | 0,1588 | 56 − 0,05 % |
| | o-Benztoluid | rhombisch | 1 : 0,5414 : 0,1521 | 0,0824 | 1,205 | 0,0993 | 35 |

isomeren Gruppen der Benzolreihe gebildet. Auch hier zeigt es sich, daß die erhaltenen Zahlen innerhalb der einzelnen Gruppe in einfachem rationalem Verhältnis stehen.

## VII. Die Beziehungen zwischen den Kalisalzen der Ortho- und der Paraphenolsulfosäure.

In den folgenden Zeilen sollen nun noch die merkwürdigen Resultate mitgeteilt werden, die sich bei der Untersuchung der Kalisalze der Ortho- und der Paraphenolsulfosäure ergeben haben, für die aber eine befriedigende Erklärung vorläufig noch aussteht. Das Orthosalz krystallisiert nämlich mit Wasser, wenn auch in schwankender Menge, das Parasalz vollständig ohne Wasser. Es lassen sich daher die beiden Salze nicht ohne weiteres mit einander vergleichen, wie man es mit den bisher erörterten isomeren Substanzen tun konnte, da man doch annehmen muß, daß die chemische Constitution des Salzes durch den Wassergehalt verändert wird. Aber trotzdem findet man bei diesen beiden Salzen dieselben Verhältnisse in Bezug auf das optische Verhalten wieder, die bei den untersuchten stellungsisomeren Benzolderivaten festgestellt werden konnten.

Beide Salze waren von der Badischen Anilin- und Sodafabrik in Ludwigshafen a. Rh. in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt worden.

Ich lasse zunächst die Ergebnisse der krystallographischen Untersuchungen folgen.

### a. Krystallographische Untersuchung.

### 1. Orthophenolsulfosaures Kali $C_6H_4(OH).SO_3K + 2H_2O$.

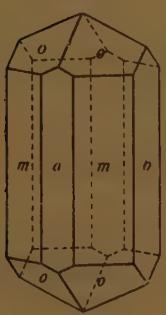
Dieses Sals besitzt in der Lösung folgende Structurformel[1]) 


Es krystallisiert aus wässeriger Lösung nach Degener[2]) mit zwei Molekülen Krystallwasser. Untersuchungen von Solomanoff[3]) und Herzig[4]) aber haben gezeigt, daß beim nochmaligen Umkrystallisieren es nie wieder gelingt, ein Salz von einem Wassergehalt zu bekommen, der wieder genau zwei Molekülen Krystallwasser entspricht. »Es ist dies ein Beweis dafür, daß das Kaliumsalz der Phenolorthosulfosäure nicht constant mit zwei Molekülen Wasser krystallisiert.« Je nach den Umständen ist der Wassergehalt verschieden, aber immer geringer als zwei Molekülen Krystallwasser entspricht.

Die von mir untersuchten, aus wässeriger Lösung erhaltenen Krystalle waren klar durchsichtig, von einem schönen Glasglanz, fast immer gleichmäßig nach allen Richtungen hin ausgebildet und erreichten eine Größe von 1,5 cm. Sie gaben im frischen Zustande vorzügliche Reflexe. Jedoch verwitterten sie sehr leicht und sehr schnell an der Luft, indem sie Wasser abgaben. Dabei wurden sie weiß und undurchsichtig. Diese leichte Verwitterbarkeit wird zur Trennung dieses Salzes von dem der Parasulfosäure benutzt[1]).

Krystallographische Untersuchungen des wasserhaltigen Salzes liegen bereits vor und zwar von S. Allain Le Canu und A. Offret[5]) in Lyon und von Brezina[6]) in Wien. Die Beobachtungen dieser Autoren weichen unter sich und auch von den meinigen ziemlich stark ab, wie aus dem Folgenden ersichtlich ist.

Fig. 11.




Krystallsystem: Rhombisch-bipyramidale Klasse.

$$a : b : c = 0{,}7796 : 1 : 0{,}4621.$$

Nach S. Allain Le Canu und A. Offret ist:

$$a : b : c = 0{,}789 : 1 : 0{,}476.$$

Dagegen gibt Brezina an:

$$a : b : c = 0{,}7790 : 1 : 0{,}4586.$$

---

1) Beilstein, 3. Aufl., II, 829, 830.
2) Journ. f. prakt. Chem. N. F. 1879, **20**, 302.
3) Zeitschr. f. Chem. N. F. 1869, **5**, 295.
4) Wiener Monatshefte f. Chemie 1880, **1**, 664—669.
5) Compt. rend. 1889, **109**, 227. Ref. diese Zeitschr. 1891, **19**, 524.
6) Wiener Monatshefte f. Chemie 1880, **1**, 666.

Beobachtete Formen: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $o\{111\}$, $a\{100\}$ (selten). (Fig. 11, S. 298).

Ebendieselben Formen hat auch Brezina an seinen Krystallen beobachten können. Dagegen fehlte an den von S. Allain Le Canu und A. Offret untersuchten Krystallen die vordere Endfläche $\{100\}$, die auch von mir nur an einigen Krystallen festgestellt werden konnte.

Folgende Winkel wurden gemessen bezw. berechnet:

| | S. Allain Le Canu und A. Offret. | | Brezina. | | Verfasser. | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Winkel: | Gem.: | Ber.: | Gem.: | Ber.: | Gem.: | Ber.: |
| $m : m = (1\bar{1}0) : (110) =$ | *76°33′ | — | 75°26′ | 75°50′ | *75°53′ | — |
| $o : m = (111) : (110)$ | *52 30 | — | 53 12 | 53 15 | *52 5 | — |
| $o : b = (111) : (010)$ | — | 67°50′ | — | — | 68 20 | 68°21′ |
| $o : a = (111) : (100)$ | — | — | 62 0 | 61 51 | 61 43 | 61 43 |

Die von mir angegebenen Winkel sind die Mittelwerte aus den goniometrischen Messungen von fünf Krystallen.

Die Spaltbarkeit nach der vorderen Endfläche ist sehr vollkommen. Für das specifische Gewicht, das in Methylenjodid bestimmt wurde, wurde gefunden: 1,733—1,734 bei 15°.

Die optische Axenebene geht der vorderen Endfläche (100) parallel; die $c$-Axe ist erste Mittellinie. Der Charakter der Doppelbrechung wurde mit Hilfe des Quarzkeils an einem Spaltblättchen nach (100) bestimmt und im Gegensatz zu der Angabe von S. Allain Le Canu und A. Offret als positiv gefunden. Auch aus den Brechungsexponenten, die sich in der Tabelle XXXI, S. 300 finden, ergibt sich, daß der Charakter der Doppelbrechung positiv sein muß. Denn $V$, nach der Formel $\cos V = \sqrt{\frac{\frac{1}{\beta^2} - \frac{1}{\gamma^2}}{\frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{\gamma^2}}}$ berechnet, beträgt 40°5′, also $2V_a = 80°10'$. Die Brechungsexponenten wurden mit Hilfe des Refractometers unter Benutzung von $\alpha$-Monobromnaphtalin an zwei angeschliffenen, verschieden orientierten Flächen bestimmt.

Die Stärke der Doppelbrechung beträgt: $\gamma_D - \alpha_D = 0{,}1202$.

## 2. Paraphenolsulfosaures Kali




Schmelzpunkt über 260°[1]).

Dieses Salz krystallisiert aus wässeriger Lösung bei einer Temperatur von 18° in 1—2 cm langen rhombischen Krystallen ohne Wassergehalt,

1) Beilstein, 3. Aufl., II, 830, 831.

Tabelle XXXI.

Die drei Brechungsexponenten von o-phenolsulfosaurem Kali.

| | Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| | 53°27,1′ | 53°10,7′ | 52°28,6′ | 1,5227 | 1,5264 | 1,5364 |
| | 27,5 | 11,4 | 29,3 | 1,5228 | 1,5267 | 1,5367 |
| | 27,4 | 10,7 | 27,1 | 1,5228 | 1,5264 | 1,5359 |
| $\alpha$ | 27,6 | 10,9 | 27,0 | 1,5228 | 1,5265 | 1,5359 |
| | 27,2 | 11,2 | 28,1 | 1,5227 | 1,5266 | 1,5362 |
| | | | Mittelwert: | 1,5228 | 1,5265 | 1,5362 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,2 | 0,4 | 1,0 |
| | 55°34,4′ | 55°17,9′ | 54°36,8′ | 1,5634 | 1,5676 | 1,5794 |
| | 34,5 | 18,2 | 37,7 | 1,5634 | 1,5678 | 1,5796 |
| | 34,6 | 18,1 | 36,1 | 1,5634 | 1,5677 | 1,5795 |
| $\beta$ | 35,1 | 17,9 | 38,5 | 1,5636 | 1,5676 | 1,5799 |
| | 34,5 | 18,1 | 37,6 | 1,5634 | 1,5677 | 1,5796 |
| | | | Mittelwert: | 1,5634 | 1,5677 | 1,5796 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,3 | 0,3 | 0,6 |
| | 59°58,6′ | 59°43,1′ | 59°11,2′ | 1,6410 | 1,6467 | 1,6638 |
| | 58,5 | 43,4 | 12,7 | 1,6410 | 1,6467 | 1,6642 |
| | 58,2 | 43,0 | 9,0 | 1,6409 | 1,6466 | 1,6632 |
| $\gamma$ | 58,5 | 43,2 | 10,3 | 1,6410 | 1,6467 | 1,6635 |
| | 58,8 | 43,3 | 10,1 | 1,6411 | 1,6467 | 1,6634 |
| | | | Mittelwert: | 1,6410 | 1,6467 | 1,6636 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,2 | 0,2 | 1,2 |

die meist prismatisch nach der *c*-Axe ausgebildet und fast allseitig von guten Krystallflächen begrenzt sind. Bisweilen jedoch kamen auch sehr dünne, nach der seitlichen Endfläche plattenförmig ausgebildete Krystalle vor. Die Krystalle sind farblos, klar durchsichtig, besitzen einen sehr starken Glanz und geben recht deutliche Reflexe.

Die goniometrischen Messungen stimmen mit den Angaben von Bodewig[1]) sehr gut überein. Vor Bodewig hatte G. vom Rath[2]) das paraphenolsulfosaure Kali bereits gemessen, aber nicht optisch untersucht.

Krystallsystem: Rhombisch-bipyramidal.

$$a : b : c = 0{,}8790 : 1 : 1{,}0017.$$

G. vom Rath gibt an:

$$a : b : c = 0{,}8799 : 1 : 1{,}0076.$$

Beobachtete Formen: $o\{111\}$, $p\{110\}$, $b\{010\}$.

Folgende Winkel wurden gemessen:

1) Diese Zeitschr. 1877, **1**, 585 und Jahresbericht d. Chem. 1877, 558.
2) Pogg. Ann. d. Phys. 1869, **138**, 551.

| Winkel: | Bodewig. Gemessen: | Bodewig. Berechnet: | G. vom Rath. Gemessen: | Verfasser. Gemessen: |
|---|---|---|---|---|
| $p:p = (110):(1\bar{1}0)$ | *82° 42′ | — | 82° 40′ | 82° 39,5′ |
| $o:o = (111):(1\bar{1}1)$ | *66 59 | — | 67 4 | 66 59,5 |
| $o:o = (111):(\bar{1}11)$ | 77 47 | 77 41′ | 77 56 | 77 47 |
| $o:p = (111):(110)$ | 33 8 | 33 20 | 32 56 | 33 19 |

Eine Spaltbarkeit ist nicht vorhanden. Die optische Axenebene geht der Basis (001) parallel; die $b$-Axe ist erste Mittellinie. Die Doppelbrechung ist positiv; sie beträgt: $\gamma_D - \alpha_D = 0{,}1228$. Den optischen Axenwinkel für Natriumlicht fand Bodewig durch Berechnung aus $2H_a = 75°37'$ und $2H_o = 129°34'$, $2V = 68°15$. Ich selbst berechnete ihn mit Hilfe der Brechungsexponenten, die in der Tabelle XXXII, S. 302 angegeben sind, nach der Formel $\cos V = \sqrt{\frac{\frac{1}{\beta^2} - \frac{1}{\gamma^2}}{\frac{1}{\alpha^2} - \frac{1}{\gamma^2}}}$ und bekam den Wert $2V = 69°4'$ für die $D$-Linie; für die $C$-Linie ist $2V = 69°10'$. Die Brechungsexponenten wurden mittels des Refractometers an der angeschliffenen seitlichen Endfläche bestimmt. Als Adhäsionsflüssigkeiten wurden $\alpha$-Monobromnaphtalin und Methylenjodid benutzt. In der letzteren Flüssigkeit wurde auch das spec. Gewicht bestimmt. Es ist gleich 1,869—1,871 bei 15°.

### b. Das optische Verhalten des ortho- und paraphenolsulfosauren Kalis.

Wir wollen nun das optische Verhalten der beiden Kalisalze der Ortho- und der Paraphenolsulfosäure näher untersuchen. Zu diesem Zweck sind in der Tabelle XXXIII, S. 302 die Hauptbrechungsexponenten der beiden Salze für die drei Spectrallinien $C$, $D$, $F$ in derselben Weise wie oben zusammengestellt. Ebenso sind die Mittelwerte der Brechungsexponenten nach den beiden oben erwähnten Methoden berechnet und die Stärke der Doppelbrechung und die Größe der Dispersion angegeben. Die Tabelle läßt folgendes erkennen: Bei beiden Salzen ist die Doppelbrechung für blaues Licht größer als für rotes Licht und zwar gilt dies für alle Brechungsexponenten. Die Dispersion nimmt immer mit dem Größerwerden der Brechungsexponenten bei beiden Salzen in den zwei untersuchten Spectralbezirken zu.

Die Tabelle XXXIV, S. 303 zeigt uns den Gang der Dispersion. Bei dem o-phenolsulfosaurem Kali erfährt mit zunehmendem Brechungsexponenten der Spectralbezirk $C$—$D$ eine relative Verkürzung, der Bezirk $D$—$F$ eine relative Verlängerung. Das p-phenolsulfosaure Kali zeigt nicht dieselbe Regelmäßigkeit. Bei ihm ist für den mittleren Brechungsexponenten $\beta$ der Bezirk $C$—$D$ der relativ kleinste, der Bezirk $D$—$F$ der relativ größte.

## Tabelle XXXII.

Die drei Brechungsexponenten von p-phenolsulfosaurem Kali.

| | Winkel der Totalrefraction | | | Brechungsexponenten | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C*-Linie | *D*-Linie | *F*-Linie | *C* | *D* | *F* |
| $\alpha$ | 55°46,5′ | 55°30,1′ | 54°48,8′ | 1,5671 | 1,5715 | 1,5832 |
| | 46,9 | 30,0 | 49,5 | 1,5672 | 1,5714 | 1,5835 |
| | 47,1 | 29,9 | 49,2 | 1,5673 | 1,5714 | 1,5834 |
| | 47,1 | 30,0 | 49,1 | 1,5673 | 1,5714 | 1,5834 |
| | 46,5 | 30,0 | 49,0 | 1,5671 | 1,5714 | 1,5833 |
| | | | Mittelwert: | 1,5672 | 1,5714 | 1,5834 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,3 | 0,2 | 0,4 |
| $\beta$ | 57°46,1′ | 57°29,0′ | 56°54,5′ | 1,6033 | 1,6079 | 1,6221 |
| | 46,0 | 28,9 | 52,6 | 1,6033 | 1,6078 | 1,6224 |
| | 45,7 | 29,1 | 51,5 | 1,6032 | 1,6079 | 1,6221 |
| | 46,1 | 29,1 | 51,6 | 1,6033 | 1,6079 | 1,6221 |
| | 45,9 | 29,0 | 52,7 | 1,6032 | 1,6079 | 1,6225 |
| | | | Mittelwert: | 1,6033 | 1,6079 | 1,6222 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,2 | 0,2 | 0,6 |
| $\gamma$ | 62°56,8′ | 62°41,1′ | 62°3,5′ | 1,6880 | 1,6942 | 1,7116 |
| | 56,5 | 41,1 | 3,0 | 1,6879 | 1,6942 | 1,7113 |
| | 56,3 | 41,0 | 4,3 | 1,6878 | 1,6942 | 1,7116 |
| | 56,7 | 40,9 | 3,7 | 1,6880 | 1,6941 | 1,7114 |
| | 56,1 | 41,2 | 3,8 | 1,6878 | 1,6942 | 1,7114 |
| | | | Mittelwert: | 1,6879 | 1,6942 | 1,7114 |
| | | | Wahrscheinlicher Fehler: | 0,3 | 0,2 | 0,6 |

## Tabelle XXXIII.

Hauptbrechungexponenten und ihre Mittelwerte.
Stärke der Dispersion. Größe der Doppelbrechung.

| | o-phenolsulfosaures Kali | | | | | | p-phenolsulfosaures Kali | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | *C* | | *D* | | *F* | | *C* | | *D* | | *F* | |
| $\alpha$ | 1,5228 | 0,0037 | 1,5265 | 0,0097 | 1,5362 | | 1,5672 | 0,0042 | 1,5714 | 0,0120 | 1,5834 | |
| | 0,0406 | | 0,0412 | | 0,0424 | | 0,0361 | | 0,0365 | | 0,0388 | |
| $\beta$ | 1,5634 | 0,0043 | 1,5677 | 0,0119 | 1,5796 | | 1,6033 | 0,0046 | 1,6079 | 0,0143 | 1,6222 | |
| | 0,0776 | | 0,0790 | | 0,0840 | | 0,0846 | | 0,0863 | | 0,0892 | |
| $\gamma$ | 1,6410 | 0,0053 | 1,6467 | 0,0169 | 1,6636 | | 1,6879 | 0,0063 | 1,6942 | 0,0172 | 1,7114 | |
| $\frac{\alpha+\beta+\gamma}{3}$ | 1,5757 | 0,0046 | 1,5803 | 0,0128 | 1,5931 | | 1,6195 | 0,0050 | 1,6245 | 0,0145 | 1,6390 | |
| $\sqrt[3]{\alpha\cdot\beta\cdot\gamma}$ | 1,5750 | 0,0045 | 1,5795 | 0,0128 | 1,5923 | | 1,6187 | 0,0050 | 1,6237 | 0,0144 | 1,6381 | |

Für den Mittelwert $\sqrt[3]{\alpha\cdot\beta\cdot\gamma}$ ergibt sich aber nun die merkwürdige Tatsache, daß für beide Salze die beiden Bezirke $C-D$ und $D-F$ annähernd gleich groß sind. Daraus folgt aber weiter, daß auch die relative Dispersion für beide Salze angenähert gleich sein muß, was aus der Tabelle XXXV, S. 303 ersichtlich ist. Die Abweichungen betragen in diesem

Tabelle XXXIV.

Gang der Dispersion.

| Brechungsexponent | o-phenolsulfosaures Kali | | p-phenolsulfosaures Kali | |
|---|---|---|---|---|
| | $C-D$ | $D-F$ | $C-D$ | $D-F$ |
| $\alpha$ | 0,0037<br>0,276 | 0,0097<br>0,724 | 0,0042<br>0,259 | 0,0120<br>0,741 |
| $\beta$ | 0,0043<br>0,265 | 0,0119<br>0,735 | 0,0046<br>0,243 | 0,0143<br>0,757 |
| $\gamma$ | 0,0053<br>0,239 | 0,0169<br>0,760 | 0,0063<br>0,268 | 0,0172<br>0,732 |
| $\sqrt[3]{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}$ | 0,0045<br>0,260 | 0,0128<br>0,740 | 0,0050<br>0,256 | 0,0144<br>0,738 |

Tabelle XXXV.

Relative Dispersion.

| Brech.-Expon. | o-phenolsulfosaures Kali | | | | p-phenolsulfosaures Kali | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $n_F - n_C$ | $n_D - 1$ | $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$ | $\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$ | $n_F - n_C$ | $n_D - 1$ | $\frac{n_F - n_C}{n_D - 1}$ | $\nu = \frac{n_D - 1}{n_F - n_C}$ |
| $\alpha$ | 0,0134 | 0,5265 | 0,02545 | 39,3 | 0,0182 | 0,5714 | 0,03185 | 31,4 |
| $\beta$ | 0,0162 | 0,5677 | 0,02854 | 35,0 | 0,0189 | 0,6079 | 0,03109 | 32,2 |
| $\gamma$ | 0,0226 | 0,6467 | 0,03433 | 29,1 | 0,0235 | 0,6942 | 0,03385 | 29,5 |
| $\sqrt[3]{\alpha \cdot \beta \cdot \gamma}$ | 0,0173 | 0,5795 | 0,02986 | 33,5 | 0,0194 | 0,6237 | 0,03110 | 32,2 |

Falle für $\nu$ 3,9 %. Wie man sieht, gelangt man bei der Gegenüberstellung dieser beiden Salze zu denselben Beziehungen in ihrem optischen Verhalten, die sich auch bei der Untersuchung der beiden stellungsisomeren Gruppen, den beiden Dinitrotoluolen einerseits und den drei Oxybenzolen: Brenzcatechin, Resorcin und Hydrochinon andererseits herausgestellt haben. Diese Analogie wird ferner noch bestätigt durch das specifische Brechungsvermögen, das für beide phenolsulfosauren Kalisalze angenähert gleich ist[1]).

Eine Erklärung dieser merkwürdigen Erscheinung vermag ich bis jetzt nicht zu geben.

Tabelle XXXVI.

Das specifische Brechungsvermögen.

| Substanz | $n_C$ | $D$ | $\frac{n-1}{D}$ | Abweichung |
|---|---|---|---|---|
| o-phenolsulfosaures Kali | 1,5750 | 1,734 | 0,3316<br>7 | 0,2 % |
| p-phenolsulfosaures Kali | 1,6187 | 1,871 | 0,3309 | |

1) Siehe Tabelle XXXVI.

## VIII.

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit sind, kurz gefaßt, folgende.

1. Neben erneuten krystallographischen Bestimmungen von Bernsteinsäure, Brenzcatechin, Hydrochinon, Resorcin, Orthodinitrotoluol, Codeïn, Melamin und von ortho- und paraphenolsulfosaurem Kali wurden zum ersten Male krystallographisch untersucht: Oxalsaures Dimethyl, Paradinitrotoluol, Isocodeïn, Pseudocodeïn und Dicyandiamid.

2. Von sämtlichen Substanzen wurden die Brechungsexponenten für die drei Frauenhofer'schen Linien $C$, $D$ und $F$ und das specifische Gewicht bestimmt.

3. Es wurde gefunden, daß mit steigendem, specifischem Gewichte auch das Brechungsvermögen (der mittlere Wert aus den Brechungsexponenten) in allen isomeren Gruppen zunimmt.

4. Es wurde gezeigt, daß das Gesetz, das Landolt bei isomeren, organischen Flüssigkeiten gefunden hat, daß nämlich die Gruppierung der Atome im Molekül von metameren Substanzen keinen oder nur einen geringen Einfluß auf das Brechungsvermögen hat, daß also die Glieder einer metameren Gruppe angenähert dasselbe specifische Brechungsvermögen besitzen, auch bei krystallisierten, organischen Verbindungen Gültigkeit hat. Ferner wurde die Beobachtung Landolt's, daß bei polymeren Substanzen die Abweichungen im specifischen Brechungsvermögen einer Reihe eine viel größere ist als bei den metameren, und zwar so, daß die specifisch schwerere Substanz immer das kleinere specifische Brechungsvermögen besitzt, auch bei den untersuchten krystallisierten organischen Verbindungen bestätigt gefunden.

5. Der Gang der Dispersion für den Mittelwert des Brechungsvermögens ist bei stellungsisomeren Körpern fast derselbe.

6. Auch die relative Dispersion ist bei Gliedern einer stellungsisomeren Gruppe annähernd gleich groß, nicht aber bei den Metameren im weiteren Sinne und bei den Polymeren.

7. Bei Anwendung des Landolt'schen Gesetzes auf polymorphe Mineralien ergibt sich, daß Kalkspat und Aragonit polymer, die drei Titanmineralien Anatas, Brookit und Rutil mit einander metamer sind, daß ferner von den drei Modificationen des Aluminiumsilicates $Al_2SiO_5$ Andalusit und Disthen zu einander im metameren, der Sillimanit zu beiden im polymeren Verhältnis stehen.

8. Das Linck'sche Rationalitätsgesetz gilt auch für metamere und polymere organische Verbindungen.

9. Zwischen den beiden Dinitrotoluolen, Stellung 1.2.4 und 1.2.6, besteht eine nahe morphotropische Verwandtschaft und ebenso zwischen den Polymeren Dicyandiamid und Melamin.

10. Bei dem wasserhaltigen orthophenolsulfosauren Kali und dem wasserfreien paraphenolsulfosauren Kali wurde eine merkwürdige Erscheinung gefunden, die noch einer befriedigenden Erklärung bedarf, daß nämlich sich beide Salze in optischer Hinsicht genau so verhalten wie die normalen stellungsisomeren krystallisierten Körper.

---

Vorstehende Arbeit wurde im mineralogischen Institute der Universität Jena ausgeführt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, dem Director des Institutes, meinem hochverehrten Lehrer Hrn. Geh. Hofrat Prof. Dr. G. Linck, hierdurch für die freundlichst gewährte Unterstützung mit Rat und Tat und für das wohlwollende Interesse, das er meiner Arbeit jederzeit entgegenbrachte, meinen verbindlichsten Dank auszusprechen. Auch Herrn Privatdocenten Dr. R. Marc bin ich für gelegentliche Ratschläge zu großem Dank verpflichtet.

Jena, Mineralogisches Institut, im Februar 1910.

---

# XVIII. Auszüge.

**1. P. Termier** (in Paris): **Über eine Lagerstätte von Alunit bei Réalmont (Tarn)** (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1908, 31, 215—216).

Vier Kilometer nordöstlich von Réalmont findet sich zwischen Kaolin- und Schieferschichten eine 10 cm dicke Lage von derbem Alunit; derselbe ist fast rein, rötlich gefärbt, mit schwarzen Flecken und Streifen; unter dem Mikroskope zeigt er sich sehr fein krystallinisch, mit einigen Quarz- und Limonitkörnchen verunreinigt. Härte ungefähr 4; spec. Gewicht 2,8. Chemische Zusammensetzung nach Pisani:

| | Gefunden: | Ber. für $3K_2O.3Al_2O_3.4SO_3.6H_2O$ |
|---|---|---|
| $SO_3$ | 36,80 | 38,60 |
| $Al_2O_3$ | 36,36 | 37,00 |
| $K_2O$ | 10,40 | 11,40 |
| $CaO$ | 0,76 | — |
| $H_2O$ | 13,60 | 13,00 |
| Unlösl. Rückst. | 2,20 | — |
| | 100,12 | 100,00 |

Die Bildung des Alunits ist zweifellos zurückzuführen auf die Einwirkung schwefelsäurehaltiger Gewässer auf den Rhyolith, welcher unter den oben erwähnten Kaolinschichten lagert.

Ref.: F. Stöber.

**2. F. Wallerant** (in Paris): **Über eine neue krystallinische Modification des Eises** (Ebenda 217—218).

Läßt man wässerigen Äthylalkohol sich auf einem Objectträger langsam sehr stark mittelst flüssiger Luft abkühlen, so bilden sich, wie man unter dem Mikroskope beobachten kann, in der Flüssigkeit kleine reguläre Krystalle, welche rasch wachsen und sich mehr oder weniger vereinigen; diese Kryställchen sind isomorphe Mischkrystalle von Alkohol und Wasser; sie sind beständig, so lange der Wassergehalt unter 55 % bleibt; bei einem Wassergehalt von 55 % bilden sie sich ebenfalls noch, zersetzen sich aber bald in rhomboëdrische Krystalle der gewöhnlichen Eismodification, welche eine unzählige Menge kleiner isotroper Krystalle einschließen. Steigt der Wassergehalt über 55 %, so bilden sich sofort die rhomboëdrischen Krystalle und diese scheinen unfähig zu sein, eine merkliche Menge Alkohol aufzunehmen, denn sie sind selbst bei sehr geringem Alkoholgehalt trübe.

Diese Versuche zeigen, daß das Eis in einer bei gewöhnlichem Druck unbeständigen, regulären Modification existieren kann, und es ist wahrscheinlich, daß letztere identisch ist mit einer der beiden von Tammann bei sehr hohen Drucken erhaltenen Modificationen des Eises.

Isopropylalkohol zeigt dieselben Erscheinungen wie Äthylalkohol, aber Methylalkohol scheint nicht mit Wasser zusammen krystallisieren zu können.

Ref.: F. Stöber.

**3. P. Termier** (in Paris): **Über große Turmalinkrystalle von Ankaratra (Madagaskar)** (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1908, 31, 138—142).

Drei sehr große Turmalinkrystalle von Ankaratra (Madagaskar), von denen der größte 20 cm lang und 13 cm dick ist, zeigen in der Prismenzone vorherrschend $\{10\bar{1}\}$ und kleine Flächen $\{11\bar{2}\}$, ferner am antilogen Pole $\{11\bar{1}\}$, $\{21\bar{2}\}$, $\{52\bar{4}\}$; der analoge Pol ist sehr stumpf zugerundet und war früher jedenfalls von $\{100\}$ begrenzt.

Die Krystalle sind an einzelnen Stellen zweiaxig, an anderen dagegen streng einaxig. Sie sind äußerlich tiefgrün gefärbt und sehen schwarz aus. Zu $(111)$ parallele Schnitte zeigen, daß dieselben im Inneren zonar gefärbt sind und zwar so, daß die Zonen den Flächen eines trigonalen Prismas parallel sind; der Verf. konnte so an einem Krystall bis 20 verschieden (grüngelblich, blaßgrün, tiefblau usw.) gefärbte Zonen unterscheiden.

Ref.: F. Stöber.

**4. A. Lacroix** (in Paris): **Die Mineralien der lithiumturmalinführenden Pegmatitgänge von Madagaskar** (Ebenda 218—247).

**Derselbe: Über eine neue Mineralart und die Mineralien, welche dieselbe in den turmalinführenden Lagerstätten von Madagaskar begleiten** (Compt. rend. des Séances de l'Acad. d. Sc., Paris 1908, 146, 1367—1371).

In den Provinzen Vakinankaratra, Ambositra, Fianarantsoa finden sich in abwechselnden Schichten Kalksteine, Glimmerschiefer und Quarzite unbestimmten Alters, welche im allgemeinen nordsüdlich streichen und von zahlreichen, ebenfalls nordsüdlich gerichteten Quarz- und Pegmatitgängen durchsetzt werden; die Pegmatitgänge sind gewöhnlich großkrystallinisch, reich an Turmalin, arm an Glimmer, und enthalten oft ungeheure Geoden, welche wirkliche Krystallkammern sind; am Contact dieser Gänge werden die Kalksteine marmorartig und schließen reichlich Tremolit und Diopsid ein.

Gut untersuchte Gänge sind diejenigen von Maharitra, von denen der interessanteste in Cipollinschichten ansetzt, 30 m mächtig ist und auf einer Strecke von 400 m verfolgt werden konnte; diese Gänge führen in großen Krystallen Rauchquarz, Mikroklin und Turmalin, welche von Beryll, Lepidolith, Granat usw. begleitet werden. Ferner sind besonders zu erwähnen die Gänge von Antandranokomby, welche ostwestlich einfallen oder vertical stehen und abwechselnde Schichten von Cipollin und Quarziten durchsetzen; die bekannten Gänge haben eine Mächtigkeit bis zu $1\frac{1}{2}$ m und enthalten hauptsächlich verschieden gefärbte Turmaline und Triphan.

Alle vom Verf. untersuchten Mineralien stammen, wenn nicht anders erwähnt, aus der Umgegend von Maharitra.

Feldspat. Die bekannten Feldspäte gehören fast ausschließlich dem Mikroklin an; es sollen bis 20 kg schwere, nach dem Bavenoer (nur selten nach dem

Karlsbader) Gesetze verzwillingte Krystalle gefunden worden sein; Verf. konnte aber nur Spaltungsstücke von verschiedener und wechselnder Färbung untersuchen. Albit findet sich ebenfalls in den Pegmatiten in milchig weißen, nach (010) abgeplatteten und auch in blätterigen, zuweilen nach dem Karlsbader Gesetze verzwillingten Krystallen; er scheint oft jüngerer Bildung zu sein.

Quarz. Der Quarz bildet einen wesentlichen Bestandteil der Pegmatite; die Krystalle $\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $\{100\}$, $\{41\bar{2}\}$, $\{4\bar{1}\bar{2}\}$ sind zuweilen außergewöhnlich groß, durchsichtig und weiß, rosarot oder rauchquarzartig gefärbt.

Granat. Bernsteingelbe Grossulare mit schwarzem Turmalin sind häufig; sie sind meistens undurchsichtig oder kaum durchscheinend und nur ausnahmsweise wasserklar. Almandin in unförmlichen von Turmalinnadeln durchspickten Krystallen soll sich ebenfalls in Maharitra finden.

Glimmer. Lepidolith findet sich in muscovitähnlichen, bis 15 cm großen, leicht violett gefärbten Tafeln und in sehr kleinen, durcheinander gewachsenen, rosaweiß gefärbten, perlmutterglänzenden Blättchen; Biotit in sehr großen Tafeln soll auch vorkommen.

Turmalin. Der Turmalin findet sich in sehr großen schwarzen und hellgefärbten Varietäten. Die hellen Turmaline, Lithiumturmaline, sind mineralogisch besonders interessant; sie erreichen zuweilen eine außergewöhnliche Größe — Krystalle von 15 kg sind nicht selten —, sind mannigfach gefärbt (rosarot, grün, gelb, rot usw. in verschiedenen Tönen), meistens mit dem analogen Pole aufgewachsen, und zeigen in der Prismenzone die Formen: $\{2\bar{1}\bar{1}\}$, $\{10\bar{1}\}$; am antilogen Pole: $\{111\}$, $\{100\}$, $\{22\bar{1}\}$, $\{11\bar{1}\}$, $\{33\bar{4}\}$, $\{22\bar{3}\}$, $\{52\bar{4}\}$, $\{21\bar{2}\}$; am analogen Pole: $\{\bar{1}\bar{1}\bar{1}\}$, $\{\bar{1}00\}$, $\{\bar{1}\bar{1}0\}$, $\{\bar{1}\bar{1}1\}$.

$\{11\bar{1}\}$ und auch $\{22\bar{3}\}$, $\{33\bar{4}\}$ sind unter den Polformen stärker entwickelt; $\{22\bar{1}\}$ bildet linienartige, sehr glänzende Flächen.

| | Gemessen: | Berechnet: |
|---|---|---|
| $(111):(22\bar{1})$ | $= 27^0 20'$ | $27^0 22'$ |
| $(11\bar{1}):(22\bar{1})$ | $18\ 37$ | $18\ 36$ |

Nach der Verticalaxe cylinderförmige Krystalle, sowie solche mit faseriger Structur kommen ebenfalls vor; die faserige Structur beschränkt sich aber immer auf einzelne Teile der Krystalle.

Zuweilen kann man in den Geoden zwei Bildungsstufen beobachten: die ältere besteht aus den gewöhnlichen großen Krystallen, die jüngere dagegen aus rosaroten oder farblosen, wasserklaren Nadeln, welche in Büscheln auf den großen Krystallen oder auf Beryll aufgewachsen sind.

Die Krystalle sind zuweilen nach zwei Flächen des Prismas $\{2\bar{1}\bar{1}\}$ tafelförmig und infolgedessen häufig an den Polen verzerrt.

Die Färbung der Krystalle ist meistens nicht einheitlich; sie verläuft gewöhnlich zonenförmig und zwar derartig, daß die verschieden gefärbten Zonen entweder in verticaler Richtung aufeinander folgen, oder aber nach verticalen Prismenflächen concentrisch angeordnet sind. So z. B. ist der analoge Pol sehr häufig rosarot und der antiloge Pol grün gefärbt; die centrale Axe kann gleichförmig tiefrot gefärbt sein, während die äußere Zone gelb oder grün ist. Zuweilen ist die Färbung auch kappenartig nach Zonen angeordnet, die den Flächen $\{11\bar{1}\}$ parallel sind; überhaupt hat sich die Form der Zonen im allgemeinen der jeweiligen äußeren Begrenzung der Krystalle angepaßt. Seltener bemerkt man drei verticale Zonen, welche radial von der Axe ausgehen und

sich unter 120° schneiden; dieselben sind dadurch entstanden, daß drei concentrisch gefärbte Krystalle mit paralleler Richtung der Verticalaxe so mit einander verwachsen sind, daß jedem eine Fläche des trigonalen Prismas $\{2\bar{1}\bar{1}\}$ zukommt. Die Krystalle sind zweiaxig; die Ebene der optischen Axen steht $\parallel$ oder $\perp$ auf den Flächen des trigonalen Prismas $\{2\bar{1}\bar{1}\}$; $2E = 25^0$ ca. Durch Durchkreuzung mehrerer zweiaxiger Krystalle können diese Turmaline an einzelnen Stellen einaxig werden.

Beryll. Der Beryll ist in den Pegmatit- und besonders in den Quarzitgängen sehr verbreitet; er tritt in zwei Typen auf, welche wahrscheinlich chemisch verschieden sind. Die Krystalle des ersten Typus sind prismatisch mit den Formen $\{10\bar{1}0\}$, $\{0001\}$ und zuweilen $\{10\bar{1}1\}$, meistens undurchsichtig, weiß oder bläulich, zuweilen aber auch durchsichtig in blauen, grünen oder rötlichen Farben. Spec. Gewicht 2,72—2,73; $\omega_{Na} = 1{,}5860$; $\varepsilon_{Na} = 1{,}5795$.

Den zweiten Typus bilden Krystalle, welche sehr reich an Alkalien (Cäsium, Lithium, Natrium) sind und sich anscheinend nur in den Gängen von Maharitra finden; sie sind bis 10 cm groß, zuweilen durchsichtig in rötlichen Tönen, aber auch undurchsichtig weiß gefärbt und zeigen als vorherrschende Form $\{0001\}$, $\{11\bar{2}1\}$ und ziemlich häufig $\{33\bar{6}4\}$; auch $\{31\bar{4}1\}$ kommt vor, aber selten. Die Prismenflächen fehlen also. Ein Krystall zeigt auf der Basisfläche außer den gewöhnlichen Ätzfiguren in Form hexagonaler Pyramiden auch tiefe Riefen, welche gleichseitige Dreiecke bilden, deren Seiten auf den Kanten $(0001):(10\bar{1}1)$ senkrecht stehen; das scheint auf trigonale Symmetrie hinzuweisen und kann als Unterscheidungsmerkmal dieses Berylls dem normalen gegenüber angesehen werden. Spec. Gewicht 2,86; $\omega_{Na} = 1{,}5977$; $\varepsilon_{Na} = 1{,}5894$.

Triphan. Durchscheinende gelbgrünliche, gelbliche oder durchsichtige lilafarbene, dem Kunzit vergleichbare Stücke; von Krystallformen konnten nur $\{100\}$, $\{110\}$, $\{hk0\}$, $\{\bar{1}11\}$ und eine krumme Fläche in der Zone $[(\bar{1}10):(\bar{1}11)]$ beobachtet werden. Spec. Gewicht 3,16; $\alpha_{Na} = 1{,}6588$, $\beta_{Na} = 1{,}6645$, $\gamma_{Na} = 1{,}6750$.

Bityit. Auf den Gängen der Umgegend von Maharitra findet sich auch eine neue Mineralart, welcher der Verf. nach dem Berge Bity den Namen »Bityit« gegeben hat. Der Bityit findet sich in weißgelblichen, anscheinend hexagonalen, prismatischen, höchstens 2 mm großen, horizontal gestreiften Kryställchen, welche Quarz und Turmalin häufig in zusammenhängenden Krusten überziehen, oder zusammen mit Lepidolithblättchen Turmalinnadeln und Albitkrystalle einhüllen; zuweilen findet er sich auch in Form sehr dünner Plättchen zerstreut in den Büscheln der jüngeren Turmalinkrystalle. Häufig sind die Kryställchen in großer Anzahl parallel mit einander verwachsen; es entsteht so ein tönnchenförmiges Gebilde mit gekrümmten Kanten.

Die optische Untersuchung zeigt, daß das Mineral in Wirklichkeit pseudohexagonal ist und daß die anscheinend einheitlichen Blättchen sich aus sechs Sectoren zusammensetzen, welche auf einer negativen spitzen Bisectrix senkrecht stehen; der Axenwinkel ist klein; Brechungsexponent 1,62—1,64. Die Auslöschung ist oft unregelmäßig, aber einige Krystalle zeigen feine Zwillingslamellen, welche den Prismenflächen parallel laufen und in diesen bildet die Auslöschungsrichtung (c) zu beiden Seiten 30° mit der Zwillingsnaht.

Vollkommene Spaltbarkeit nach der Tafelfläche; spec. Gewicht 3,5; Härte $5\frac{1}{2}$.

Durch Säuren unangreifbar; schmilzt vor dem Lötrohre leicht zu einem blasigen undurchsichtigen Glase; die Analyse von Pisani ergab:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 31,95 |
| $Al_2O_3$ | 41,75 |
| $CaO$ | 14,30 |
| $BeO$ | 2,27 |
| $MgO$ | 0,13 |
| $Li_2O$ | 2,73 |
| $Na_2O$ | 0,40 |
| $K_2O$ | 0,16 |
| $H_2O$ | 6,50 |
| | 100,19 |

Das Wasser entweicht erst bei sehr hoher Temperatur. Diese Zusammensetzung entspricht der Formel $5SiO_2 . 4Al_2O_3 . 7(RO + R_2O)$; das Mineral gehört in die Staurolith-Kornerupingruppe.

Lazulith. Bis 7 cm große, tiefblau gefärbte, stark pleochroïtische (c = b = tiefblau, a = farblos) Stücke ohne Krystallform; spec. Gewicht 3,12; Analyse (Pisani):

| | |
|---|---|
| $P_2O_5$ | 45,30 |
| $Al_2O_3$ | 35,22 |
| $MgO$ | 9,19 |
| $FeO$ | 3,95 |
| $H_2O$ | 5,80 |
| | 99,46 |

Autunit. Der Autunit findet sich nicht wie gewöhnlich inmitten granitischer oder gneißartiger Gesteine, sondern in den Spalten einer sedimentären Tonschicht, 10 km südlich von Antsirabe; er bildet sehr feine Äderchen und ist leicht zerbrechlich.

Hatchettolith (?). Im westlichen Gebiete des Bityberges findet sich in zerspaltenem Mikroklin ein braun und gelb gefärbtes Mineral mit lebhaftem harzartigem Glanze und von unregelmäßigem Bruche; es ist in dünnen Splittern durchscheinend und einfachbrechend; unschmelzbar vor dem Lötrohre und durch concentrierte $H_2SO_4$ wenig angreifbar. Eine unvollständige Analyse (Urbain) ergab: $Nb_2O_5$ (mit $Ta_2O_5$ und $TiO_2$) 56,61; Uranoxyd (gewogen als $U_3O_8$) 14,15; $BeO$ 2,37; $Fe_2O_3$ 1,13; $Mn_3O_4$ (mit geringen Mengen von Erden aus der Cer- und Yttergruppe) 1,46; $ThO_2$ 0,96; $SiO_2$ 2,31; $Pb$, $Bi$, $Sn$, $Cu$ (als Schwefelverbindungen bestimmt) 1,52; alkalische Erden 1,64; Verlust bei 300° 11,51, Glühverlust 3,81; die Alkalien wurden nicht bestimmt; spec. Gewicht 3,81.

Das Mineral ist radioactiv (0,66 für $U_3O_8 = 1$); es nähert sich dem Hatchettolith.

Ref.: F. Stöber.

**5. A. Lacroix** (in Paris): **Die Mineralien, welche den Dioptas von Mindouli (Franz.-Congo) begleiten** (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1908, 31, 247—259)

**Derselbe: Über eine neue Mineralart von Französisch-Congo** (Compt. rend. des Séances de l'Acad. des Sc., Paris 1908, 146, 722—725).

Die wellenförmigen Kalksteine und die über diesen Kalksteinen lagernden Sandsteine der Gegend von Mindouli sind in den benachbarten Lagen stark kupferhaltig und auch die zwischen dem Kalk und Sandstein liegende schwarze oder rote Tonschicht ist besonders reich an Kupfermineralien.

Außer den kupferhaltigen Mineralien führen die Erzlagerstätten von Mindouli auch noch blei-, silber- und zinkhaltige Mineralien; alle diese Mineralien sind durch Zersetzung aus Schwefelerzen entstanden.

Dioptas. Der Dioptas findet sich im derben Kalkstein, begleitet von Calcit und — seltener — von Quarz, Pyromorphit, Wulfenit; ferner im Sandstein, begleitet von Quarz und Wulfenit; endlich in der zwischen den Kalk- und Sandsteinen lagernden Tonschicht in Form von drusigen Knollen; diese Knollen liefern die schönsten Krystalle und führen häufig auch Quarz, Cerussit, Wulfenit, Willemit und gelben Fluorit.

Planchéit. Der Planchéit (so genannt zu Ehren des Herrn Planché) ist ein neues wasserhaltiges Kupfersilicat: $12SiO_2.15CuO.5H_2O$.

| | Gefunden (Pisani): | Berechnet: |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 37,16 | 36,04 |
| $CuO$ | 59,20 | 59,46 |
| $FeO$ | Spuren | — |
| $H_2O$ | 4,50 | 4,50 |
| | 100,86 | 100,00 |

Es bildet hellblaue bis 4 cm lange Nadeln, welche sich auch zu blaßbläulichen Sphärolithen oder Concretionen mit nierenförmiger Oberfläche und radialstrahliger Structur gruppieren können. Sie zeigen gerade Auslöschung nach der Längsrichtung, welche die Axe der kleineren Elasticität ist; die Ebene der optischen Axen geht durch die Längsrichtung; spitze Bisectrix positiv (?) $\gamma - \alpha = 0{,}04$ ca.; Brechungsexponent etwas höher als der des Dioptases ($\gamma = 1{,}697$); pleochroïtisch.

Das Mineral wird nur schwer von Säuren angegriffen und gibt keine Kieselgallerte, verhält sich also anders als der Dioptas; es ist in die Nähe des Ganomaliths zu stellen.

Cuprit und gediegen Kupfer. Schön roter durchscheinender Cuprit findet sich begleitet von Malachit; deutliche Krystalle $\{111\}$, $\{110\}$ sind selten und oberflächlich in Malachit umgewandelt; die Malachitkrystalle bilden dabei kleine Nadeln, welche auf den Flächen der Cupritkrystalle senkrecht stehen. — Feinkörniger Cuprit als Umhüllung von gediegen Kupfer kommt ebenfalls vor.

Malachit. 1 bis 2 mm große kurzprismatische Krystalle $\{110\}$, $\{100\}$, $\{010\}$ mit gerieften, wellenförmigen Endflächen $\{\bar{9}23\}$?, $\{\bar{7}68\}$?; ferner büschelförmig gruppierte feine Nadeln und nierenförmige, radialfaserige Krusten.

Chessylith. Firnißartige Überzüge von undeutlichen Krystallen auf Chalkosin und zellenförmige Massen als Umhüllung von Halloysit; selten kleine, unvollkommene, nach (001) tafelförmige und nach der Queraxe gestreckte Krystalle, $\{100\}$, $\{001\}$, $\{111\}$.

Pseudomalachit. Durchscheinende, lebhaft grün gefärbte, stellenweise von Pyromorphit überzogene Warzen.

Leukochalcit (?). Kleine, zart blaßgrün (fast weiß) gefärbte, schwach seidenglänzende Concretionen von faserig-blätteriger Structur auf Calcit; die Fasern löschen gerade aus und ihre Längsrichtung ist die Axe der kleineren Elasticität; sie bestehen nur aus Arsensäure, Kupferoxyd und Wasser.

Gediegen Silber. Meistens dünne Lamellen, begleitet von faserigem Malachit mit Chrysokoll in den Spalten des Chalkosins, des Kalksteins oder

Sandsteins; auch bis 5 mm große Krystalle {111} oder {111}, {110}, eingewachsen in Dioptas oder Calcit.

Pyromorphit. Goldgelbe, 1 bis 2 mm große Krystalle {0001}, {10$\bar{1}$0} mit kleinen {10$\bar{1}$1}-Flächen, selten in den Spalten eines eisenhaltigen Sandsteins; größere Krystalle, aber mit gekrümmten Flächen auf Chalkosin.

Wulfenit. Grau, weiß und — seltener — gelbe bis orangefarbene bis 25 mm große Krystalle {001}, {111}, begleitet von Dioptas, Calcit, Quarz.

Cerussit. In Dioptasgeoden bis 6 cm große Krystalle mit den Formen {110}, {010}, {130}, {111}, {011}, {021}, {101}.

Willemit. Rosettenförmig gruppierte Krystalle {100}, {10$\bar{1}$} mit gekrümmten Kanten, begleitet von Cerussit, im Sandstein; auch in weißlich rosarot gefärbten Nestern von feinkörniger Structur in Quarzgängen.

Aurichalcit. Hellblaugrüne Lamellen mit Malachit in Höhlungen eines oolithischen Kalksteines.

Calcit. Krystalle mit vorherrschendem Rhomboëder {100} und kleinen Flächen {110}, {1$\bar{1}$1}, {10$\bar{1}$}, {20$\bar{1}$}; zuweilen beobachtet man auch {3$\bar{1}$1} und unbestimmbare Skalenoëder mit krummen Flächen. Das Rhomboëder {100} kommt auch allein vor.

Ref.: F. Stöber.

**6. A. Lacroix** (in Paris): **Über ein Autunitvorkommen in Tonkin** (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1908, **31**, 259).

In dem zinnerzführenden Muscovit-Granulit von Tinh-Tuc (bei Cao-Bang, Tonkin) findet sich Autunit in gelbgrünen Krusten; letztere bestehen aus aufgeschichteten Krystallen, welche sich von denen des klassischen Vorkommens von Autun nicht unterscheiden.

Ref.: F. Stöber.

**7. Derselbe: Ergänzende Notiz über die Mineralien der Vesuv-Fumarolen** (Ebenda 260—264).

Der Verf. konnte beobachten, daß die durch den Vesuvausbruch von 1906 entstandenen Fumarolen ihre Tätigkeit noch nicht ganz eingestellt haben; am Nordostabhange des Endkegels besteht immer noch ein Feld der verschiedenen vom Verf.[1]) studierten Arten von Fumarolen, welches sich vom Fuße des Kegels bis an den Rand des Kraters ausdehnt.

In den alkalihaltigen Fumarolen, welche noch ziemlich zahlreich sind, finden sich außer Krystallen von Halit, Sylvin, Cotunnit und Tenorit auch warzenartige Krusten, welche hauptsächlich aus Chloralkalien bestehen, aber auch in ziemlich großer Menge Chlorcalcium enthalten, was auf das Vorhandensein von Chlorocalcit hinweist; löst man diese Krusten in heißem Wasser und überläßt die Lösung der Krystallisation, so erhält man kleine Krystalle von Pseudocotunnit.

Die Analyse des Palmierit entspricht besser der Formel $3SO_4(K,Na)_2.4SO_4Pb$ als der Formel $SO_4(K,Na)SO_4Pb$; da aber die analysierte Substanz höchstwahrscheinlich schon teilweise zersetzten Palmierit enthielt, so ist es trotzdem nicht ausgeschlossen, daß die zweite Formel die richtige ist.

Die sauren Fumarolen bilden immer noch reichlich krystallinische Krusten und Krystalle von Erythrosiderit; die schlackenartigen Lapilli, welche diese Mine-

1) Diese Zeitschr. 1909, **46**, 492.

ralien bedecken, sind kaum angegriffen, dagegen ist das Gestein in kurzer Entfernung (50 cm) an einer Stelle, wo die Temperatur nur noch etwa 100° beträgt, stark verändert und in weißen Opal verwandelt. Hier findet sich auch in kleiner Menge der am Vesuv so seltene Sassolin, was theoretisch von großem Interesse ist.

Ref.: F. Stöber.

**8. J. Couyat** (in Paris): **Der Cölestin und der Baryt von Ägypten** (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1908, **31**, 264—268).

Neuerdings gefundene Cölestinkrystalle von dem schon früher vom Verf. untersuchten[1]) Vorkommen bei Mokattam sind nach der $a$-Axe stark gestreckt, vollkommen wasserklar und zeigen die Formen {011}, {110}, {102}, {176}, {275}; die Formen {176} und {275} liegen in der Zone [(110):(011)]. {176} ist zuweilen stark gekrümmt. Einzelne Krystalle sind nur von {011} und {176} begrenzt.

| | Gemessen: | Berechnet: |
|---|---|---|
| (011):(176) | 19°30′ | 19°46′ |
| (011):(275) | 9 10 | 9 36 |

Axenverhältnis: $a:b:c = 0{,}7810:1:1{,}2815$.

In der Kreide von Abou-Roach (bei den Pyramiden von Gizeh) findet sich ebenfalls Cölestin; er bildet nach der $b$-Axe gestreckte Krystalle {104}, {102}, {0.1.14}, {110}, {011}; $\{0.1.14\} : \{0.\bar{1}.14\} = 10°3'$ (ber. 10°26′).

$$\alpha_{Na} = 1{,}6204; \quad \beta_{Na} = 1{,}6223, \quad \gamma_{Na} = 1{,}6304;$$
$$2E_a = 89°48' \text{ (ber. } 90°4'); \quad 2V_a = 51°25' \text{ (ber. } 51°43').$$

Barytkrystalle aus der Oase von Khargeh zeigen die Formen {011}, {110}, {011}, {010}, {130}, {210}, {102}, {111}; sie sind tafelförmig in der Combination {110}, {001}; sonst nach der $a$-Axe gestreckt.

Ref.: F. Stöber.

**9. F. Gonnard** (in Lyon): **Über den Phillipsit des Mont Simiouse (Loire)** (Ebenda 269—272).

Der früher vom Verf. untersuchte[2]) Phillipsit des Mont Simiouse hat nach einer Analyse des Chemikers Ph. Barbier die Zusammensetzung:

| | Gefunden: | Ber. für $Si_5O_{14}Al_2R.5H_2O$ |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 52,10 | 52,91 |
| $Al_2O_3$ | 18,33 | 17,98 |
| $CaO$ | 4,96 | 4,93 |
| $K_2O$ | 6,88 | 8,30 |
| $Na_2O$ | 1,10 | — |
| $H_2O$ | 16,55 | 15,88 |
| | 99,92 | 100,00 |

Der Phillipsit ist also sehr reich an $SiO_2$ und nähert sich in seiner Zusammensetzung dem Phillipsit von Annerod (bei Gießen).

Ref.: F. Stöber.

---

1) Diese Zeitschr. 1909, **46**, 495.
2) Diese Zeitschr. 1891, **21**, 265.

**10. J. Deprat** (in Besançon): **Über einen neuen Fundort von Orthoklas auf Corsika** (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1908, 31, 271—272).

In einem porphyrartigen Granit am südlichen Vorsprunge der Spitze von Cargèse (Corsika) finden sich weiße oder schwach rosafarbene, nach {010} abgeplattete Orthoklaskrystalle {010}, {001}, {110}, {$\bar{2}$01}; die Krystalle sind immer nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt und außergewöhnlich groß (bis 14 cm lang und 7 cm dick). Ref.: F. Stöber.

**11. L. Michel** (in Paris): **Über das Vorkommen einiger Mineralien in den alten Schlacken der Bleierzschmelze von Poullaouen (Finistère)** (Ebenda 274—275).

In den Schlacken der schon im hohen Altertume betriebenen Grube von Poullaouen finden sich als Auskleidung von Hohlräumen: Cuprit in durchscheinenden, tiefrot gefärbten, regelmäßig ausgebildeten Oktaëderchen. — Malachit in warzigen, faserigen Massen und seidenartigen Büscheln. — Azurit in stengeligen Krystallen. — Linarit in schönen, bis 3 mm großen durchscheinenden, nach der Orthodiagonale gestreckten und nach (001) abgeplatteten Krystallen {001}, {110}, {100}, {$\bar{1}$10}. — Aurichalcit in spießigen, blaßgrünen, zu seidenartigen Büscheln vereinigten Krystallen. — Cerussit in milchig-weißen, durchscheinenden, nach (110) verzwillingten Krystallen und in Concretionen. — Anglesit in kleinen, scharf begrenzten, nach der *c*-Axe gestreckten, durchsichtigen Krystallen {110}, {010}, {001}, {102}. — Gyps in sehr schönen und großen farblosen Krystallen {010}, {110}, {$\bar{2}$11}. Ref.: F. Stöber.

**12. F. Gonnard** (in Lyon): **Krystallographische Notizen über die Kalifeldspäte** (Ebenda 276—287).

1) Der Verf. konnte an Orthoklaskrystallen von Four-la-Brouque (Puy-de-Dôme) ein neues Zwillingsgesetz beobachten; die verzwillingten Krystalle sind so gestellt, daß ihre (010)-Flächen zusammenfallen und die Fläche (001) des einen zu der Fläche (20$\bar{1}$) des anderen parallel läuft; als Zwillingsfläche könnte das Orthodoma {15.0.4} angesehen werden.

2) Der Orthoklas zählt etwa 100 verschiedene Formen, wenn man die Vicinalflächen und Zwillingsflächen mitrechnet, aber gewöhnlich beobachtet man doch nur {001}, {110}, {010}, {130}, {20$\bar{1}$}, {10$\bar{1}$}, {021}, {11$\bar{1}$}; einzelne Formen sind besonders selten, so {100}, {22$\bar{1}$}, {403}; der Verf. beschreibt kurz die Krystalle, an denen diese drei Formen beobachtet wurden und fügt hinzu, daß er selbst die Form {22$\bar{1}$} an Krystallen vom St. Gotthard und die Form {403} an solchen von Alabaschka beobachten konnte.

3) Die Zone [(100) : (001)] ist besonders reich an Formen; der Verf. gibt eine von ihm berechnete Winkeltabelle für die Form dieser Zone und führt auch alle Zwillingsgesetze an, deren Zwillingsebenen einer Orthodomenfläche parallel gehen. Ref.: F. Stöber.

**13. Derselbe: Über die Analogie gewisser Orthoklaszwillinge von Four-la-Brouque (Puy-de-Dôme) mit den Orthoklaszwillingen von Petschau (Böhmen) und denen des porphyrartigen Granits des Fichtelberges, welche von Tschermak resp. von G. Seligmann, V. Goldschmidt, Fr. E. Wright und W. Müller untersucht wurden** (Ebenda 292—303).

Der Verf. fand unter den Orthoklaskrystallen von Four-la-Brouque einen Durchkreuzungszwilling nach dem von Tschermak an den Krystallen von Petschau[1]) beobachteten Gesetze, der eine der verzwillingten Krystalle ist aber um 180° gedreht, sodaß der Zwilling eine gewisse Analogie mit der zweiten Art der von W. Müller[2]) untersuchten Krystalle zeigt.

Zum Schlusse führt der Verf. noch einige Verwachsungen nach {110} an, welche er ebenfalls an den Krystallen von Four-la-Brouque beobachten konnte; die erste wurde schon früher[3]) angegeben; die zweite ist identisch mit der von Laspeyres[4]) zuerst angegebenen Zwillingsbildung; in der dritten sind die verzwillingten Krystalle so gestellt, daß zwei {110}-Flächen parallel sind, und daß die andere {110}-Fläche des einen Krystalles mit der {001}-Fläche des anderen merklich parallel ist; diese »merklich« parallelen Flächen bilden einen Winkel von 6°32′.

Ref.: F. Stöber.

**14. F. Gonnard** (in Lyon): **Bemerkungen zu der Arbeit des Professors Ph. Barbier: „Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Kalifeldspäte“[5]) und zu der Arbeit von Barbier und Prost: „Über die Existenz eines monoklinen, mit Orthoklas isomorphen Natronfeldspates“[6])** (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1908, **31**, 303—312).

Der Verf. betont und begründet hier die Wichtigkeit der spectroskopischen Untersuchungen, welche Ph. Barbier teils allein, teils in Verbindung mit A. Prost (Lyon) an Kalifeldspäten angestellt hat; dieselben zeigen, daß erstens der Kalifeldspat dimorph ist, daß also zwei Mineralarten, Orthoklas und Mikroklin, wirklich existieren und daß zweitens auch ein monokliner mit Orthoklas, isomorpher Natronfeldspat, vorkommt.

Ref.: F. Stöber.

**15. A. Lacroix** (in Paris): **Über einige radioactive Mineralien von Madagaskar** (Ebenda 312—314).

Unter den radioactiven Mineralien der Pegmatite von Madagaskar, die der Verf. schon früher[7]) untersucht hat, kommen noch Euxenit (?) und Fergusonit vor.

Euxenit. In einem pegmatitischen, faustgroßen Gesteinsstücke von Antranotsiritra (Mont Bandahély) fand der Verf. einen 7 mm großen Krystall ohne Krystallflächen, der Euxenit zu sein scheint; das Pulver dieses Krystalles gibt in 48 Stunden auf einer photographischen Platte ein deutliches Bild.

Fergusonit. Ein 100 g schweres Bruchstück ohne Krystall- und Spaltungsflächen aus der Gegend zwischen Tamatave und Béforona hat nach der Analyse von Pisani die Zusammensetzung:

---

1) Diese Zeitschr. **17**, 210.
2) Ebenda **17**, 484.
3) Ebenda **12**, 656.
4) Ebenda **1**, 204.
5) Bull. Soc. franç. Min. 1908, **31**, 152—167. Ref. diese Zeitschr. 1910, **48**, 215.
6) Bull. Soc. chim. de France 1908 (4), **3**, 894.
7) Diese Zeitschr. 1910, **48**, 307.

| | |
|---|---|
| $Nb_2O_5$ | 50,10 |
| $SnO_2$ | 0,20 |
| $ThO_2$ | 2,07 |
| $UO_2$ | 6,15 |
| $(Y, Er)_2O_3$ | 31,20 |
| $(Ce, La, Di)_2O_3$ | 6,15 |
| $CaO$ | 1,40 |
| $MgO$ | 0,37 |
| $FeO$ | 0,59 |
| $H_2O$ | 1,94 |
| | 100,17 |

Spec. Gewicht 5,58. Bemerkenswert ist der hohe Gehalt an Uran und Thor, sowie das Fehlen jeder Spur von Titan.

Ref.: F. Stöber.

**16. A. Lacroix** (in Paris): **Über den Danburit von Madagaskar** (Bull. de la Soc. franç. de Min. **1908, 31**, 315—318).

In den Pegmatiten von Maharitra findet sich Danburit in topas- oder honiggelben, bis 6½ cm langen und 2½ cm dicken, stark angeätzten Krystallen {110}, {120}; Ebene der optischen Axen ∥ (001); spitze negative Bisectrix ⊥ (010). Brechungsexponenten:

| | $\alpha_{Na}$ | $\beta_{Na}$ | $\gamma_{Na}$ | $\gamma_{Na} - \alpha_{Na}$ |
|---|---|---|---|---|
| Maharitra | 1,6300 | 1,6333 | 1,6363 | 0,0063 |
| (Graubünden) | 1,6317 | 1,6340 | 1,6363 | 0,0046 |

Der berechnete Winkel $2V_a = 86^0 54'$ ist fast identisch mit dem gemessenen.

Spec. Gewicht 3,10. Schmilzt sehr leicht zu einem farblosen, etwas blasigen Glase; wird von Säuren in frischem Zustande fast nicht angegriffen, aber nach dem Glühen unter Bildung von Gallerte zersetzt. Zusammensetzung nach Pisani:

| | Gefunden: | Ber. für $(SiO_4)_2Be_2Ca$ |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 48,50 | 48,8 |
| $Be_2O_3$ | 27,50 | 28,4 |
| $Al_2O_3$, $Fe_2O_3$ | 0,50 | — |
| $CaO$ | 24,25 | 22,8 |
| | 100,75 | 100,00 |

Bemerkenswert ist, daß dieses Vorkommen des Danburits von Maharitra das erste ist, welches in einem echten Pegmatit beobachtet wurde.

Ref.: F. Stöber.

**17. Derselbe: Über den Tridymit des Vesuvs und über die Bildung dieses Minerals aus dem Schmelzfluß** (Ebenda 323—338).

In dieser Notiz, die besonders petrographisch wichtig ist, zeigt der Verf. u. a., daß der Tridymit sich auf zweifache Weise bilden kann: er kann sich aus der Quarzschmelze durch Ausglühen (»recuit«) bilden und er kann auch auf pneumatolytischem Wege entstehen. Der Verf. konnte Tridymit beider Bildungsarten in den metamorphosierten Kalksandsteinblöcken des Vesuvs beob-

achten; die aus dem Schmelzfluß entstandenen Krystalle sind verhältnismäßig dick und verzwillingt, die anderen dagegen bilden äußerst dünne aufgeschichtete Blättchen. Die ersteren Krystalle können ihrer Form und Bildung nach mit dem Asmanit der Meteoriten verglichen werden.

Ref.: F. Stöber.

**18. J. Couyat** (in Paris): **Über einige Mineralien von Ägypten** (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1908, **31**, 341—349).

Gyps (Mokattam). Faserige Äderchen und schöne linsenförmige Krystalle.

Calcit (Mokattam). Krystalle {100}, {11.$\bar{4}$.$\bar{4}$}, {13.13.$\bar{1}\bar{4}$}, {17.0.$\bar{9}$} auf Cölestin; auch in Form von gelben, krystallinischen, durchscheinenden, radialstrahligen, »Alabaster« genannten Massen.

Quarzin (Mokattam). Kleine warzenförmige Massen.

Halit (»Natron«-Seen, Lybische Wüste). Gesteinsartige Massen mit großen skelettförmigen Krystallen.

Trona (ebendaher). Gelbe, scharf begrenzte Krystalle {001}, {110}, {11$\bar{1}$}, {101}, {304} und faserige Massen mit spießigen Krystallen.

Thenardit (ebendaher). Bis 4 cm große, weißgraue Krystalle {001}, {110}, {101}, {011}, {010}. Chemische Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| $SO_3$ | 56,78 |
| $Na_2O$ | 41,72 |
| $MgO$ | 0,79 |
| $CaO$ | Spuren |
| $Cl$ | Spuren |
| Glühverlust | 1,03 |
| | 100,32 |

Olivin (Insel Zebirget oder St. Johann). Diese Krystalle wurden schon von L. Michel[1]) untersucht; auch Des Cloizeaux hat dieselben gemessen, aber seine Beobachtungen nicht veröffentlicht.

Chemische Zusammensetzung:

| $SiO_2$ | $MgO$ | $FeO$ | $MnO + NiO$ | $Al_2O_3$ | Glühverlust: | Summe: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 41,3 | 48,9 | 9,0 | 0,8 | 0,0 | 0,15 | 100,15 |

Brechungsexponenten:

$$\alpha_{Na} = 1{,}6546, \quad \beta_{Na} = 1{,}6706, \quad \gamma_{Na} = 1{,}6898; \quad 2V_a = 88^0 10\tfrac{1}{2}'.$$

Nepouit (ebendaher). Wurmförmige, malachitgrüne Massen.

Apatit (ebendaher). Sehr große Krystalle.

Granat (Oase von Khargeh). Schön roter Spessartin {211} in einem feinkörnigen Granulit.

Auripigment (ebendaher). Blätterig-strahlige Massen.

Galenit (Ras Benas, bei Berenike). Nach zwei Flächen von {111} tafelförmige Krystalle {100}, {111}; auch {100} allein.

Ankerit (ebendaher). Schwarzrötliche, teilweise in Limonit umgewandelte Rhomboëder {100}.

Ref.: F. Stöber.

---

1) Diese Zeitschr. 1908, **45**, 203.

**19. A. Lacroix** (in Paris): **Materialien zur Mineralogie Frankreichs** (Bull. de la Soc. franç. de Min. 1908, 31, 349—354).

Scheelit (Dinan, Côtes-du-Nord). Ein honiggelber, 1 $dm^3$ großer Block in einem gneißartigen, von Pegmatitadern durchsetzten Granit.

Topas (Montbelleux, Ille-et-Vilaine). Bis $4\frac{1}{2}$ cm große, dem Brasilianer Topas ähnliche, stark zerspaltene und von Limonit imprägnierte Krystalle aus der Wolframitgrube von Montbelleux-en-Luitré; Formen: {120}, {111} vorherrschend; ferner: {110}, {140}, {221}, {223}, {021}, {041}, {201}. Die Krystalle sind reich an Flüssigkeitseinschlüssen mit Chlornatriumkrystallen.

Topas (Les Colettes, Allier). Kleine Bruchstücke zusammen mit Cassiterit und Neotantalit in den Waschrückständen der Kaoline von Echassières; auch blätteriger, weiß-milchiger, undurchsichtiger Topas (Pyrophysalit) zusammen mit $1\frac{1}{2}$ mm großen Oktaëdern von Neotantalit.

Mirabilit (Lacourt, Ariège). Durchscheinende, aus verwirrt durcheindergewachsenen, sehr großen Krystallen bestehende Massen in den Gypsstollen von Lacourt; eine dieser Massen war linsenförmig (6 m × 0,2 m × 0,4 m), die andere (4 m groß) bildete ein Netz verzweigter Spalten in Gyps.

Alunit (Saint-Jacut, Morbihan). Kleine Mengen in Tonen, welche durch die Zersetzung der Glimmerschiefer des Arztales entstanden sind.

Chalkopyrit (La Bréole, Basses Alpes). Ein 3 cm großes »Rhombododekaëder {110}« mit rauhen, von Malachit überkrusteten Flächen; Messungen mit dem Anlegegoniometer stellen die Form außer Zweifel und die Analyse (Arsandaux) ergab 30 % *Fe*, 34 % *Cu*, also die dem Chalkopyrit entsprechende Zusammensetzung. Auch das spec. Gewicht 4,1 ist das des Chalkopyrits. Es kann sein, daß hier eine Pseudomorphose nach einem regulären Minerale vorliegt, aber es ist auch möglich, daß die Verbindung $CuFeS_2$ dimorph ist.

Ref.: F. Stöber.

**20. Jean Becquerel** und **H. Kamerlingh Onnes** (Kältelaboratorium der Universität Leyden): **Über die Absorptionsspektra der Krystalle der seltenen Erden und über ihre Änderungen in einem magnetischem Felde bei den Temperaturen, wo der Wasserstoff flüssig und fest wird** (Compt. rend. 1908, 146, 625—628).

Experimentelle Anordnung. Die Krystalllamellen werden auf ein Glasstäbchen aufgesetzt und ins Innere einer sehr kleinen, nicht versilberten Dewarschen Flasche gebracht. Diese enthält den flüssigen Wasserstoff. Sie ist umgeben von einer zweiten Röhre, welche flüssige Luft enthält. Dieses Röhrensystem ist so schmal, daß es zwischen die Pole eines Elektromagnets, welche nur 8 mm von einander abstehen, eingeführt werden kann.

A. Einfluß der Temperaturänderungen auf die Absorptionsspectra.

1) Temperaturerniedrigung macht die Absorptionsbanden im allgemeinen schärfer. Das Studium der anomalen Dispersion an einigen Banden bei Tysonitkrystallen hatte gezeigt, daß bis zur Temperatur von — 190° die Breite der Streifen sich proportional der Quadratwurzel der absoluten Temperatur ändert. Wenn man aber bis — 259° heruntergeht, so wird die Verminderung der Streifenbreite immer geringer und geringer; jenes einfache Gesetz gilt nicht mehr. Bei Xenotimkrystallen sind zwei Banden bei — 259° sogar verwaschener

als bei $-253^0$; andere Banden dagegen werden bis $-259^0$ fortgesetzt schmäler, wobei bis $-190^0$ obiges Gesetz gilt.

2) Die Absorptionsbanden der Verbindungen der seltenen Erden werden mit abnehmender Temperatur schärfer; der Betrag der absorbierten Energie nimmt zwischen $+20'$ und $-190^0$ zu. Unter $-190^0$ aber wird die Intensität des Absorptionsspectrums merklich geringer. Manche Streifen verschwinden bei $-259^0$ vollständig. Für jede der Banden gibt es also eine Temperatur, bei welcher die Absorption einen Höchstbetrag hat. Das Auftreten des Absorptionsmaximums scheint die gleiche Ursache zu haben wie das wahrscheinliche Vorhandensein eines Leitfähigkeitsmaximums bei tiefen Temperaturen.

B. Magnet-optische Erscheinungen.

I. Circularpolarisierte Schwingungen in einaxigen Krystallen. Wird die optische Axe eines einaxigen Krystalles (Xenotim, Tysonit, Parisit, Apatit usw.) parallel zum magnetischen Felde und parallel zum Lichtstrahle orientiert, so beobachtet man folgendes, wenn man die Spectren der zwei einander entgegengesetzt circularpolarisierten Schwingungen gleichzeitig untersucht:

1) Bis $-259^0$ bleibt der Unterschied in den Absorptionsbanden der rechts- und linkscircularpolarisierten Schwingungen — in dem nämlichen magnetischen Felde — ungeändert. Die Änderungen der Schwingungszahl, welche die schwingenden Systeme unter dem Einflusse des Magnetismus zeigen, sind — wenigstens in erster Annäherung — unabhängig a) von den Bewegungen, welche der Wärmezustand bedingt, b) von der Intensität und der Breite der Banden, c) von den paramagnetischen Eigenschaften der Substanz. Sie scheinen die erste Ursache des Diamagnetismus zu sein. Die Tatsache, daß diese Frequenzänderungen die gleichen bleiben, dürfte eine starke Stütze der Hypothese sein, daß es positive Elektronen gibt.

2) Bei sehr niedrigen Temperaturen zeigen fast alle Banden des Xenotims und des Apatits (und eine Bande des Tysonits) eine Dissymmetrie in der Intensität zwischen den Schwingungen, welche den zwei circularen Schwingungen entsprechen. Die Componente, welche auf der Seite der kleinen Wellenlängen liegt, vermehrt ihre Intensität auf Kosten der anderen. Die Dissymmetrie ist um so stärker, a) je niedriger die Temperatur ist, b) je stärker das Feld ist. Bei Xenotim zeigt eine einzige Bande das entgegengesetzte Verhalten. Es scheint, daß die Stabilität der schwingenden Systeme sich bei niedrigen Temperaturen sehr stark ändert, sobald die Periode nur in geringem Betrage verändert wird. Vielleicht tragen diese Erscheinungen etwas zur Erklärung des Magnetismus bei; denn die Variationen in der Stabilität, welche in die Bewegungen von entgegengesetztem Sinne eine Dissymmetrie bringen, könnten die Ursache des Paramagnetismus sein.

II. Zweiaxige Krystalle. Änderung der Trägheit der schwingenden Systeme mit der Richtung der Bewegung. Einige Krystalle (Sulfat von Neodym und Praseodym) zeigen Banden, welche sich bei $-253^0$ und $-259^0$ in Gruppen von außerordentlich feinen Linien auflösen. Diese Linien nehmen in allen drei Hauptspectren merklich die gleiche Lage ein. Mit 1, 2, 3 werden die Hauptrichtungen des Krystalles bezeichnet; diese Richtungen werden der Reihe nach parallel zum magnetischen Felde orientiert. Wir haben dann beziehungsweise die Schwingungen 2 und 3, 1 und 3, 1 und 2 senkrecht zum Felde orientiert. Im ersten Falle geben die Linien des Spectrums 2 und 3 — die zwei Schwingungen sind durch die Wirkung des Feldes, das senkrecht

zu ihnen ist, mit einander verknüpft — das gleiche magnetische Dublett; im zweiten Falle geben 1 und 3 ebenfalls ein gleiches Dublett; dieses ist aber vom ersten verschieden; im dritten Falle geben 1 und 2 ein neues Dublett, das von den beiden anderen verschieden ist. Der Abstand der Componenten dieses Dubletts ist in erster Annäherung der nämliche, gleichgültig, ob der Strahl parallel zum Felde oder ob er nach einer der Hauptrichtungen verläuft, die senkrecht zum Felde stehen. Werden endlich die Richtungen 1, 2, 3 parallel zum Felde orientiert, so erhält man drei neue Dubletts, welche weder unter sich, noch mit den Dubletts der Schwingungen, die senkrecht zum Felde gerichtet sind, Ähnlichkeiten aufweisen.

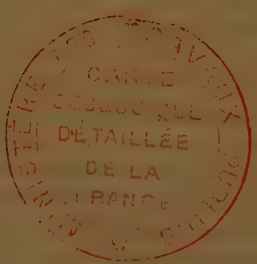
Schluß: Nimmt man an, daß die Absorption bedingt wird durch Elektronen, welche einer quasi-elastischen Kraft unterworfen sind, so wird man zu folgenden Schlußfolgerungen geführt:

1) Die Masse dieser Elektronen hängt von der Richtung der Bewegung ab. Die Veränderlichkeit dieser elektromagnetischen Masse könnte davon herrühren, daß das Elektron die Form eines Ellipsoids hat.

2) Da die Banden in den drei Spectren merklich die nämliche Lage haben, so sind die drei Constanten der quasi-elastischen Kräfte proportional den drei Hauptmassen.

Ref.: K. Stöckl.

---



# XIX. Grundlagen einer neuen Theorie der Krystallstructur.

Von

A. Nold in Diez a. d. Lahn.

Vierte Abhandlung[1]).

(Hierzu Taf. IV und 2 Textfiguren.)

---

Der Zusammenhang der einzelnen Ringe, der seinen Ausdruck in einem Zahlenzusammenhange der für dieselben entwickelten Werte der cos. der Rotationswinkel findet, ermöglicht bereits den Aufbau der krystallographischen Punktsysteme; ja die Art des Zusammenhanges der Zahlenwerte, die Art der letzteren selbst, sowohl hinsichtlich des Baues der Ausdrücke, als auch hinsichtlich der in diesen enthaltenen Zahlen — am Schlusse der vorhergehenden Abhandlung wurde auf die Zahlen 13 und 19 und deren zwei-, drei- und sechsfaches hingewiesen, zugleich ein Hinweis, daß die Primzahlen überhaupt eine Rolle spielen dürften — berechtigt von einer bestimmten Wahrscheinlichkeit des Aufbaues der krystallographischen Punktsysteme auf der anfangs gemachten, aus der Valenzfrage der chemischen Elemente entwickelten Voraussetzung[2]) zu sprechen.

Zum Aufbau der Punktsysteme ist notwendig und erforderlich, daß die Ringe einmal in derselben Weise zu Raumgruppierungen ausgebaut werden können, das andere Mal durch wiederkehrenden Ringschluß sich bis ins Unendliche fortsetzen lassen.

Wenn in den verschiedensten Ringen die cos. der Rotationswinkel entweder absolut gleichen oder den entgegengesetzten Wert haben, dann können diese Ringe ohne weiteres combiniert werden; und diese Combination führt für den Fall, daß die gleichen Werte für solche Ringe gelten,

---

1) Erste bis dritte Abhandlung diese Zeitschr. **40**, 13—48 und 433—474; **41**, 529—601. — Ableitung der Voraussetzung s. Chemiker-Zeitung **29**, 174: Zur Valenzfrage.

2) Chemiker-Zeitung **29**, 174: Zur Valenzfrage.

in denen die Rotationsaxen ebene regelmäßige oder halbregelmäßige $n$-Ecke bilden und falls dieselbe immer und immer wiederholt wird, zur planen Ausdehnung in bezug auf die Ebene der Rotationsaxen. Stellen aber die Werte Ringe dar, in denen die Rotationsaxen kein ebenes Polygon bilden, dann lassen sich die Ringe mit ihrer Hilfe zu Raumgruppierungen ausbauen.

Der Ausbau der Ringe zu Raumgebilden wird, wie schon a. a. O. angedeutet, soweit derselbe sich nicht durch gemeinschaftliche Werte verschiedener Ringe ergibt, so bewerkstelligt, daß man über irgend zwei Glieder eines Ringes vermittels noch freier Kraftrichtungen der einzelnen Glieder einen neuen Ring zu schließen sucht, dessen Ebene geneigt zu der Ebene des ersten Ringes ist.

Wenn dieses an einem Beispiele erläutert werden soll, so lege ich den homogenen Sechsring mit $\sphericalangle$ 109°.. als den charakteristischsten aller Ringe zugrunde, bemerke aber, daß die folgende Entwickelung nur an der Hand von Modellen verständlich ist.

In demselben liegen die Schwerpunkte der Bausteine in zwei parallelen Ebenen; die Ebene der Rotationsaxen der einzelnen Bausteine geht durch den Mittelpunkt des Ringes parallel zu den ersteren in gleichem Abstande von diesen. In diese Mittelpunktsebene fällt je ein Tetraëdereckpunkt eines jeden Bausteines. Die nach dem vierten Tetraëdereckpunkt eines jeden Bausteines gerichtete Kraftrichtung steht senkrecht auf den drei Ebenen.

Fig. 1.



Geben wir dem Bausteine die äußere Form eines Tetraëders, so erhält man die schematische Darstellung des Ringes der Textfig. 1, d. h. zwei der Art ineinander geschobene gleichseitige Dreiecke, daß die innere Fläche ein ebenes reguläres Sechseck, d. i. das Sechseck der Rotationsaxen, bildet. In die gleichseitigen Eckdreiecke werden dann die Tetraëderbausteine mit einer Fläche so aufgesetzt daß die der aufgesetzten Fläche gegenüberliegenden Eckpunkte abwechselnd auf beiden Seiten der Ebene der Zeichnung liegen [1]). Damit ist der Ring vollständig charakterisiert. Taf. IV, Fig. 1 u. 2.

1) Diesen Sechsring mit dem Tetraëder als äußere Form des Bausteines hat bereits Sachse in der Zeitschrift f. phys. Chem. **10**, 233 gelegentlich einer Arbeit: Über die Configuration der Polymethylenringe, entwickelt und mathematisch begründet. Bei dieser Gelegenheit möchte ich auf einige Unrichtigkeiten in dessen mathematischen Entwickelungen hinweisen. Auf S. 233 (Bd. **10**) kommt Sachse zu folgender Gleichung vierten Grades:

$$\tfrac{1}{6}^0 + \frac{18}{\sqrt{6}}\cos\alpha + 3\cos^2\alpha - \frac{5\sqrt{3}}{\sqrt{2}}\cos^3\alpha - \tfrac{9}{4}\cos^4\alpha = 0$$

und gibt deren Wurzeln an:

$$\cos\alpha_{1,2} = \quad 1{,}3827 \pm \sqrt{0{,}3373}$$
$$\cos\alpha_{3,4} = -1{,}3827 \pm \sqrt{-0{,}0504} \text{ (imag.)}.$$

Die gegenseitige Lage zweier Bausteine ist immer dieselbe, und wenn wir diese gegenseitige Lage als »Structur« bezeichnen, so ist der Ring homogen. Da ferner die gegenseitige Lage aller Punkte immer dieselbe ist, so ist die plane Ausdehnung nach allen Seiten ohne weiteres gegeben (Taf. IV, Fig. 3). Zum Ausbau zu einer Raumgruppierung schließen wir zwei Kraftrichtungen, die senkrecht auf den drei parallelen Ebenen stehen, zu demselben Sechsring. Alsdann läßt sich ohne weiteres die dritte Kraftrichtung eines jeden Ringes, die senkrecht auf den drei parallelen Ebenen der beiden Ringe steht, durch einen einzigen Baustein zu demselben Sechsring schließen. Wir erhalten eine vollständig in sich abgeschlossene Raumgruppierung, die die äußere Gestalt eines Tetraëders hat (Taf. IV, Fig. 4).

Dieses Tetraëder kann man sich auch so entstanden denken, daß die drei Kraftrichtungen des homogenen Ausgangssechsringes, die senkrecht auf der Mittelpunktsebene stehen, durch die in Fig. 5 abgebildete Gruppe aus vier Bausteinen gleichzeitig abgesättigt sind, sodaß das Tetraëder als die Aneinanderlagerung zweier Gruppierungen, des homogenen Sechsringes und der bezw. Gruppierung, aufgefaßt werden kann. Anstatt nun nach letzter Auffassung den Sechsring mit der bezw. Gruppierung zu combinieren, kann man einmal den Sechsring mit sich selbst, das andere Mal die bezw. Gruppierung mit sich selbst combinieren, und man erhält dann die auf Taf. IV in den Fig. 6 und 7 dargestellten Raumgruppierungen.

Man könnte versucht sein, die zehn das Tetraëder zusammensetzenden Bausteine zu teilen in vier, die in den vier dreizähligen Axen liegen, und von denen drei Kraftrichtungen abgesättigt (gebunden) sind, und in sechs, die in den drei zweizähligen Axen liegen und von denen nur zwei Kraftrichtungen abgesättigt sind, sodaß wir das Verhältnis der Punkte 4 : 6, d. i. 2 : 3 hätten. Da aber die Structur des Gesamtgebildes, d. i. die gegenseitige Lage der Punkte, immer dieselbe ist, so kommt jedem Baustein dieselbe Function zu und das Gebilde ist homogen. Anders ist es in der Gruppierung aus acht Bausteinen, die entstanden ist durch Aneinanderlagerung von zwei der bezw. Gruppierung (Fig. 7). Dieselbe besitzt eine dreizählige Axe, in der zwei Bausteine liegen, von denen drei Kraftrichtungen abgesättigt sind; die übrigen sechs Bausteine sind symmetrisch um die dreizählige Axe gruppiert und nur mit zwei Kraftrichtungen abgesättigt. Tatsächlich entspricht dieser Teilung auch die Structur, denn die gegenseitige Lage der sechs Bausteine unter sich ist verschieden von der Lage eines jeden dieser zu den beiden ersten Bausteinen, sodaß wir das Verhältnis 1 : 3 haben.

---

Tatsächlich hat diese Gleichung nur reelle Wurzeln; dieselben sind:

$$\cos\alpha_1 = -\tfrac{1}{3}\sqrt{6} \qquad \cos\alpha_2 = -\tfrac{1}{3}\sqrt{6} \qquad \cos\alpha_{3,4} = -\tfrac{1}{3}\sqrt{6} \pm 2.$$

Das Analoge gilt von der Gruppierung aus zwei Sechsringen; hier entsteht das Verhältnis der Bausteine 1 : 1.

Zu diesen Schlußfolgerungen sei bemerkt, daß sie nur unter der stillschweigenden Voraussetzung gezogen werden können, daß die Raumgebilde in sich abgeschlossen sind. Wenn auch einleuchtet, daß wir die Voraussetzung bei dem einen oder anderen der hier aufgebauten Raumgruppierungen machen können, so ist dieses später von Fall zu Fall zu untersuchen.

Um nun Raumgruppierungen zu construieren, in denen wir diese Annahme zu machen berechtigt sind, ja die uns gewissermaßen diese Annahme aufzwingen, gehen wir von den Schwingungsphasen des homogenen Achtringes aus $\measuredangle$ 109°... aus, bei denen derselbe aufgefaßt werden kann als heterogener Vierring aus zweimal $\measuredangle$ 109°... und 65°.... Diese Schwingungsphasen treten zweimal ein:

1) wenn der Rotationswinkel der Kraftrichtungen, die sich unter $\measuredangle$ 65°... schneiden, $\alpha_{11} = 160°\,31'\,46''$, und der der Kraftrichtungen, die sich unter $\measuredangle$ 109°... schneiden, $\alpha_{21} = 193°\,15'\,40''$ ist, und wenn

2) $\alpha_{12} = 166°\,44'\,20''$ und $\alpha_{22} = 199°\,28'\,40''$ ist[1]).

Fall 1. $\alpha_{11} = 160°\,31'\,46''$ $(90° + 70°\,31'\,46'')$,
$\alpha_{21} = 193\ 15\ 40$.

In derselben Weise, wie wir den homogenen Sechsring aus $\measuredangle$ 109°... zum Tetraëder ausbauten, schließen wir über irgend zwei noch freien Kraftrichtungen denselben Achtring und dieses führt im Wiederholungsfalle schließlich zu einer Raumgruppierung, bestehend aus insgesamt 20 Bausteinen (Fig. 8). Da dieselbe nicht mehr in derselben Weise weiter ausgebaut werden kann, so ist sie als in sich abgeschlossen anzusehen. In bezug auf Structur, d. i. die gegenseitige Lage benachbarter Bausteine, als auch in bezug auf die allgemeine Raumlage der Punkte (Schwerpunkte der Bausteine), können wir diese unterscheiden in 4 : 4 : 12, d. i. das Verhältnis 1 : 1 : 3. Die äußere Gestalt der Gruppierung ist die eines Tetraëders, die Structur aber nicht so homogen, wie die des Tetraëders aus zehn Bausteinen, und diese bedingt auch einen geringeren Grad der Symmetrie, obwohl letztere noch kubisch ist. Der geringere Symmetriegrad wird durch die Lage der zwölf Bausteine, die symmetrisch um die vier dreizähligen Axen angeordnet sind, in bezug auf die übrigen Bausteine bedingt. Demgemäß können diese zwölf Bausteine an sich nicht kubische, sondern nur trigonale Symmetrie haben. Wie wir auch diese wählen, immer erhalten wir eine Gruppierung, die keine Symmetrie*ebenen*, sondern nur Symmetrie*axen* hat, und dieses hat enantiomorphe Formgebilde zur Folge. Geben wir diesen zwölf Bausteinen die höchste trigonale Symmetrie, d. h. die sechs

1) Diese Zeitschr. **41**, 562.

gleichmäßigen Raumpunkte, wobei diese als die Raumzerlegung der zwei entgegengesetzt gerichteten Kraftrichtungen des Einzelbausteines gedacht werden können, so erhalten wir enantiomorphe Raumgruppierungen mit vier dreizähligen und, gleich geneigt zu diesen, drei zweizähligen Axen. In vollem Einklang steht dazu, sowohl was das Zahlenverhältnis der im Raum gleichmäßig gelagerten, die einzelnen Atome darstellenden Punkte, als auch die Symmetrieverhältnisse des Gesamtgebildes anlangt, das Verhalten der Alkalimetalle der Chlorsäure, speciell des $NaClO_3$, sodaß uns diese Gruppierung eine Vorstellung der Lage der als Punkt gedachten Atome der Molekel $NaClO_3$ in festem Zustand zu geben geeignet ist. Die die *Cl*-Atome und die die *Na*-Atome darstellenden Punkte liegen in den vier dreizähligen Axen, wobei die Frage offen bleibt, welche von diesen die eigentlichen *Cl*-Atome und welche die *Na*-Atome darstellen.

Fall 2. $\alpha_{12} = 166^0 44' 20''$,
$\alpha_{22} = 199\ 28\ 14$ $(90^0 + 109^0 28' 14'')$.

Bauen wir diesen Ring in ähnlicher Weise wie den vorigen zu der Raumgruppierung aus, so erhalten wir ein Gebilde, bestehend aus ebenfalls 20 Bausteinen, Fig. 9. Da aber die gegenseitige Lage benachbarter Bausteine immer dieselbe ist — und zwar die, welche bei der Verbindung von zwei Bausteinen den hypothetischen Kraftrichtungsschnittwinkel $38^0 \ldots$ und bei der Verbindung von drei Bausteinen der Reihe nach die hypothetischen Kraftrichtungsschnittwinkel $22^0 \ldots$, $31^0 \ldots$, $65^0 \ldots$, $148^0 \ldots$ ergab —, so kommt jedem einzelnen Baustein dieselbe Function zu und die Raumgruppierung ist homogen. Welche Symmetrie wir auch dem Einzelbaustein beilegen, das Gesamtgebilde hat höchstens trigonale Symmetrie (ditrigonal-skalenoëdrische oder rhomboëdrisch-hemiëdrische Klasse). Die äußere Form stellt ein Rhomboëder dar.

Ich beschränke mich hier auf diesen Hinweis und auf diese Andeutung des zu erstrebenden Zieles dieser Entwickelung, da zwei Gesichtspunkte die Fortsetzung der mathematischen Entwickelung zweckmäßig erscheinen lassen.

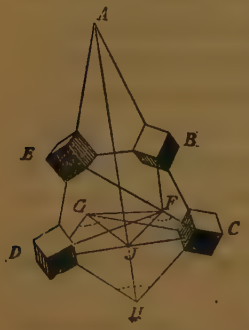
Der erste Grund liegt auf rein mathematischem Gebiete: Wenn in den den einzelnen Ringen zugrunde liegenden Gleichungen und demgemäß auch in den Wurzeln dieser, d. h. den cos. der Rotationswinkel, die Primzahlen eine Rolle spielen, wenn also die ganze Entwickelung eine Beziehung zwischen Krystallstructur und Zahlenlehre[1]) voraussichtlich ergibt, dann dürfte diese in der weiteren mathematischen Entwickelung klarer hervortreten.

Der zweite Grund ist rein krystallographischer Natur: Der Ausbau der Ringe zu Raumgruppierungen führte uns, auch ohne daß die Entwickelung der Grundvoraussetzung auf dem Gedanken basierte, daß die Bausteine selbst

1) Vergl. v. Fedorow, Beziehung zwischen Krystallstructur und Zahlenlehre, diese Zeitschr. **41**, 162.

die chemischen Atome sind, zu diesem Schluß. Um nun einmal die Erscheinung der Polymorphie, d. i. daß ein und dieselbe chemische Verbindung mit verschiedenen Structuren krystallisieren kann, d. h. daß verschiedene Systeme verschiedener Symmetrie möglich sind, in denen die Gesamtzahl der unter sich im Raume gleich gelagerten Punkte zu der Gesamtzahl der ebenfalls unter sich im Raume gleich gelagerten Punkte, wobei aber die Raumlage der ersteren verschieden ist von der Raumlage der letzteren, in demselben Verhältnis steht, dann aber auch die Erscheinung, daß verschiedene chemische Verbindungen in einem und demselben System krystallisieren können, d. h. daß Systeme derselben Symmetrie möglich sind, in denen die Gesamtzahl der unter sich im Raume gleich gelagerten Punkte, zu der Gesamtzahl der unter sich im Raume ebenfalls gleich gelagerten Punkte, wobei aber die Raumlage der letzteren verschieden ist von der Raumlage der ersteren, in verschiedenem Verhältnis steht, später ungezwungen erklären zu können, scheint es zweckmäßig, diese »Grundlagen« so breit als möglich anzulegen.

Fig. 2.




Fährt man zur Erweiterung in der Combination von Elementarbausteinen in bestimmter, gegenseitig möglichst symmetrischer Lage zu einen (zusammengesetzten) Baustein fort, so erscheint als nächste die von vier Elementarbausteinen. Dabei ist zu bemerken, daß vier Einzelbausteine bereits Ringe lieferten, die somit ihrerseits bei dem Ringschluß als Ringglieder auftreten. Da aber in diesen einfachen Ringen keine neuen Kraftrichtungsschnittwinkel vorkommen, so wiederholt sich die mathematische Entwickelung; andere Combinationen von vier Einzelbausteinen führen zu bereits bekannten und untersuchten Kraftrichtungsschnittwinkeln, nur in anderer (räumlicher) Gruppierung. Auch in diesen Fällen wiederholt sich die mathematische Entwickelung. Der einzige Unterschied zwischen den Ringen mit diesen Combinationen als Ringglieder und den aus dem Elementarbaustein besteht in der räumlichen Ausdehnung.

Es seien daher diese Fälle übergangen, um nur die Combinationen von vier Einzelbausteinen mathematisch zu untersuchen, die neue Kraftrichtungsschnittwinkel liefern. Unter allen diesen liefert nur eine in Textfig. 2 abgebildete Gruppierung zwei neue hypothetische Kraftrichtungsschnittwinkel.

In derselben sind die Elementarbausteine nur mit ihren, sich unter dem $\measuredangle$ 109°... schneidenden Kraftrichtungen abgesättigt; die gegenseitige Lage der einzelnen vier Bausteine unter sich ist immer der Art, daß die mit den gebundenen Kraftrichtungen gleiche Winkel einschließenden übrigen Kraftrichtungen je zweier Nachbarbausteine in einer Ebene liegen. Verlängert

man die freien Kraftrichtungen der Endbausteine $C$ und $D$, so schneiden sich zwei Richtungen einmal im Punkte $H$ (erster Fall), das andere Mal in $F$ resp. $G$ (zweiter Fall).

Im Fall 1 entsteht ein planes Viereck, dessen drei Winkel sind: $\measuredangle ADH = \measuredangle ACH = 109^0 \ldots$ und $\measuredangle DAC = 38^0 \ldots$. Der vierte Winkel $DHC$, d. i. der neue Kraftrichtungsschnittwinkel, ergibt sich daraus von selbst $\measuredangle DHC = 4R - (2 \cdot \measuredangle 109^0 \ldots, + 38^0 \ldots) = 102^0\,7'\,4''$.

Aus einfachen Überlegungen folgt, daß die Hälfte dieses neuen Kraftrichtungsschnittwinkels den früheren Kraftrichtungsschnittwinkel $38^0 \ldots$ zu $90^0$ ergänzt, sodaß die Function des halben neuen Kraftrichtungsschnittwinkels gleich sind den *Co*-Functionen von $38^0 \ldots$

$$\cos 51^0\,3'\,32'' = \tfrac{1}{3}\sqrt{2}$$
$$\sin 51\ 3\ 32\ = \tfrac{7}{9}.$$

Die halbe wahre Entfernung der Scheitelpunkte dieses Winkels in den homogenen Ringen mit demselben ist gleich $HC + \frac{1}{2}\sqrt{3}$; $HC$ (aus $\triangle HJC$, von dem die Winkel bekannt, und $JC$ aus $\triangle AJC$ bestimmbar ist) $= \frac{15}{14}\sqrt{3}$; somit ist $HC + \frac{1}{2}\sqrt{3} = \frac{11}{7}\sqrt{3}$.

Fall 2. Die neuen Kraftrichtungsschnittwinkel sind $\measuredangle DGC = \measuredangle DFC$. Die Functionen des halben Kraftrichtungsschnittwinkels $DFC$, d. i. des Winkels $JFC$, ergeben sich aus dem rechtwinkeligen Dreieck $JFC$, von dem $FC$ $(= \frac{3}{2}\sqrt{3})$ bekannt, und $JC$ sich seinerseits aus dem rechtwinkeligen Dreieck $AJC$ bestimmen läßt:

$$JC = \tfrac{5}{2}\sqrt{3} \sin 19^0 \cdots = \tfrac{5}{6}\sqrt{3}$$
$$\sin JFC = \frac{5 \cdot 2}{6 \cdot 3} = \tfrac{5}{9}$$
$$\cos \cdots = \tfrac{2}{9}\sqrt{14}.$$

Daraus ergibt sich $\measuredangle JFC = 33^0\,44'\,34''$, d. i. der halbe Kraftrichtungsschnittwinkel.

Der neue Kraftrichtungsschnittwinkel ist somit $67^0\,29'\,8''$. Die halbe wahre Entfernung der Scheitelpunkte in den homogenen Ringen mit $67^0\,29'\,8''$ ist $\frac{3}{2}\sqrt{3} + \frac{1}{2}\sqrt{3} = 2\sqrt{3}$.

Als neue Kraftrichtungsschnittwinkel haben wir somit der Größe nach geordnet:

$$67^0\,29'\,8''$$
$$102\ \ 7\ \ 4\ .$$

In beiden Gruppierungen ist die Raumlage der Art, daß sowohl die convergierenden, als auch die divergierenden Kraftrichtungen wirken, d. h. den Ringschluß bewerkstelligen können, vorausgesetzt, daß kein mechanisches

Hindernis eintritt. Auch hier kommt der $\sphericalangle$ 67°... zweimal vor, sodaß zwei Arten homogener Ringe möglich sind.

In der folgenden Entwickelung sind nur die homogenen Ringe untersucht, die den früheren genau entsprechen. Sie zerfällt analog dem Früheren in

1) die homogenen geradzähligen Ringe mit den neuen Winkeln 67°... und 102°...,
2) die heterogenen geradzähligen Ringe, in denen je zwei Winkel (ein neuer und einer der früheren) abwechselnd am Ringschluß beteiligt sind, nebst Feststellung eines Zahlenzusammenhanges dieser mit den homogenen Ringen.

## I. Die homogenen geradzähligen Raumringe.

Bezüglich der folgenden mathematischen Untersuchung sei auf das in dieser Zeitschr. **41**, 533 Gesagte verwiesen.

### 1. Die homogenen geradzähligen Raumringe mit dem $\sphericalangle$ 67° 29′ 8″.

#### A. Der Raumvierring.

Die vier Grundgleichungen sind:

$$\begin{aligned}
81 &= -10\sqrt{14}\cos\alpha - 10\sqrt{14}\cos\beta - 56\sin\alpha\,.\,\sin\beta\\
81 &= -10\sqrt{14}\cos\beta - 10\sqrt{14}\cos\gamma - 56\sin\beta\,.\,\sin\gamma\\
81 &= -10\sqrt{14}\cos\gamma - 10\sqrt{14}\cos\delta - 56\sin\gamma\,.\,\sin\delta\\
81 &= -10\sqrt{14}\cos\delta - 10\sqrt{14}\cos\alpha - 56\sin\delta\,.\,\sin\alpha,
\end{aligned}$$

deren Lösungen sind:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_1 &= \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{9}{14}\sqrt{7} && \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_2 &= -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} && \text{reell}\\
\cos\alpha_3 &= -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} && \text{reell}\\
\cos\alpha_4 &= \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{9}{14}\sqrt{7} && \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_5 &= \pm\tfrac{9}{28}\sqrt{14} && ,,\\
\cos\alpha_6 &= \tfrac{81}{140}\sqrt{14} \pm 1 && ,,
\end{aligned}$$

#### B. Die Raumsechsringe.

Die drei Grundgleichungen sind:

$$\begin{aligned}
-37 &= 56\cos\alpha\cos\beta - 112\sin\alpha\sin\beta - 10\sqrt{42}\cos\alpha - 10\sqrt{42}\cos\beta\\
-37 &= 56\cos\beta\cos\gamma - 112\sin\beta\sin\gamma - 10\sqrt{42}\cos\beta - 10\sqrt{42}\cos\gamma\\
-37 &= 56\cos\gamma\cos\alpha - 112\sin\gamma\sin\alpha - 10\sqrt{42}\cos\gamma - 10\sqrt{42}\cos\alpha,
\end{aligned}$$

deren Lösungen sind:

$$\cos\alpha_1 = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{5}{42}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_2 = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm 2$$
$$\cos\alpha_3 = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm 2$$
$$\cos\alpha_4 = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{5}{42}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_5 = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_6 = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm 2.$$

## C. Die Raumachtringe.

Die vier Grundgleichungen sind:

$$-31 = -56\sin\alpha\sin\beta - 10\sqrt{14}\cos\alpha - 10\sqrt{14}\cos\beta$$
$$-31 = -56\sin\beta\sin\gamma - 10\sqrt{14}\cos\beta - 10\sqrt{14}\cos\gamma$$
$$-31 = -56\sin\gamma\sin\delta - 10\sqrt{14}\cos\gamma - 10\sqrt{14}\cos\delta$$
$$-31 = -56\sin\delta\sin\alpha - 10\sqrt{14}\cos\delta - 10\sqrt{14}\cos\alpha,$$

deren Lösungen sind:

$$\cos\alpha_1 = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{5}{14}\sqrt{7}$$
$$\cos\alpha_2 = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_3 = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_4 = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{5}{14}\sqrt{7}$$
$$\cos\alpha_5 = \pm\tfrac{9}{28}\sqrt{14} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_6 = \tfrac{31}{140}\sqrt{14} \pm 1.$$

## D. Die Raumzwölfringe.

Die sechs Grundgleichungen sind:

$$-87 = -56\cos\alpha\cos\beta - 112\sin\alpha\sin\beta - 10\sqrt{42}\cos\alpha - 10\sqrt{42}\cos\beta$$
$$-87 = -56\cos\beta\cos\gamma - 112\sin\beta\sin\gamma - 10\sqrt{42}\cos\beta - 10\sqrt{42}\cos\gamma$$
$$-87 = -56\cos\gamma\cos\delta - 112\sin\gamma\sin\delta - 10\sqrt{42}\cos\gamma - 10\sqrt{42}\cos\delta$$
$$-87 = -56\cos\delta\cos\varepsilon - 112\sin\delta\sin\varepsilon - 10\sqrt{42}\cos\delta - 10\sqrt{42}\cos\varepsilon$$
$$-87 = -56\cos\varepsilon\cos\eta - 112\sin\varepsilon\sin\eta - 10\sqrt{42}\cos\varepsilon - 10\sqrt{42}\cos\eta$$
$$-87 = -56\cos\eta\cos\alpha - 112\sin\eta\sin\alpha - 10\sqrt{42}\cos\eta - 10\sqrt{42}\cos\alpha,$$

deren Lösungen sind:

$$\cos\alpha_1 = \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{5}{14}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_2 = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{2}{3}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_3 = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{2}{3}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_4 = \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{5}{14}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_5 = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_6 = \frac{5\cdot 143}{19\cdot 28}\sqrt{42} \pm \tfrac{12}{19} \quad ,,$$

## 2. Die homogenen geradzähligen Raumringe mit dem $\measuredangle 102^0\,7'\,4''$.

### A. Der Raumvierring.

Die vier Grundgleichungen sind:

$$\begin{aligned}
81 &= -28\sqrt{2}\cos\alpha - 28\sqrt{2}\cos\beta - 32\sin\alpha\sin\beta\\
81 &= -28\sqrt{2}\cos\beta - 28\sqrt{2}\cos\gamma - 32\sin\beta\sin\gamma\\
81 &= -28\sqrt{2}\cos\gamma - 28\sqrt{2}\cos\delta - 32\sin\gamma\sin\delta\\
81 &= -28\sqrt{2}\cos\delta - 28\sqrt{2}\cos\alpha - 32\sin\delta\sin\alpha.
\end{aligned}$$

Die Auflösung ergibt:

$$\left.\begin{aligned}
\cos\alpha_1 &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_2 &= \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{9}{4}\\
\cos\alpha_3 &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_4 &= \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{9}{4}\\
\cos\alpha_5 &= \pm\tfrac{9}{8}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_6 &= -\tfrac{81}{56}\sqrt{2} \pm 1
\end{aligned}\right\}\ \text{(imag.)}$$

### B. Die Raumsechsringe.

Die drei Grundgleichungen sind:

$$\begin{aligned}
83 &= 32\cos\alpha\cos\beta - 64\sin\alpha\sin\beta - 28\sqrt{6}\cos\alpha - 28\sqrt{6}\cos\beta\\
83 &= 32\cos\beta\cos\gamma - 64\sin\beta\sin\gamma - 28\sqrt{6}\cos\beta - 28\sqrt{6}\cos\gamma\\
83 &= 32\cos\gamma\cos\alpha - 64\sin\gamma\sin\alpha - 28\sqrt{6}\cos\gamma - 28\sqrt{6}\cos\alpha.
\end{aligned}$$

Die Auflösung ergibt:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_1 &= \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{7}{12}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_2 &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm 2\\
\cos\alpha_3 &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm 2\\
\cos\alpha_4 &= \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{7}{12}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_5 &= -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{6}\quad\text{(imag.)}\\
\cos\alpha_6 &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm 2.
\end{aligned}$$

### C. Die Raumachtringe.

Die vier Grundgleichungen sind:

$$\begin{aligned}
17 &= -32\sin\alpha\sin\beta - 28\sqrt{2}\cos\alpha - 28\sqrt{2}\cos\beta\\
17 &= -32\sin\beta\sin\gamma - 28\sqrt{2}\cos\beta - 28\sqrt{2}\cos\gamma\\
17 &= -32\sin\gamma\sin\delta - 28\sqrt{2}\cos\gamma - 28\sqrt{2}\cos\delta\\
17 &= -32\sin\delta\sin\alpha - 28\sqrt{2}\cos\delta - 28\sqrt{2}\cos\alpha.
\end{aligned}$$

Die Auflösung ergibt:

$$\cos\alpha_1 = \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{7}{4}$$
$$\cos\alpha_2 = -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_3 = -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_4 = \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{7}{4}$$
$$\cos\alpha_5 = \pm\tfrac{3}{8}\sqrt{2} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_6 = -\tfrac{17}{56}\sqrt{2} \pm 1.$$

### D. Die Raumzwölfringe.

Die sechs Grundgleichungen sind:

$$-15 = -32\cos\alpha\cos\beta - 64\sin\alpha\sin\beta - 28\sqrt{6}\cos\alpha - 28\sqrt{6}\cos\beta$$
$$-15 = -32\cos\beta\cos\gamma - 64\sin\beta\sin\gamma - 28\sqrt{6}\cos\beta - 28\sqrt{6}\cos\gamma$$
$$-15 = -32\cos\gamma\cos\delta - 64\sin\gamma\sin\delta - 28\sqrt{6}\cos\gamma - 28\sqrt{6}\cos\delta$$
$$-15 = -32\cos\delta\cos\varepsilon - 64\sin\delta\sin\varepsilon - 28\sqrt{6}\cos\delta - 28\sqrt{6}\cos\varepsilon$$
$$-15 = -32\cos\varepsilon\cos\eta - 64\sin\varepsilon\sin\eta - 28\sqrt{6}\cos\varepsilon - 28\sqrt{6}\cos\eta$$
$$-15 = -32\cos\eta\cos\alpha - 64\sin\eta\sin\alpha - 28\sqrt{6}\cos\eta - 28\sqrt{6}\cos\alpha.$$

Die Auflösung ergibt:

$$\cos\alpha_1 = \tfrac{7}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{7}{4}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_2 = -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{3}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_3 = -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{3}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_4 = \tfrac{7}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{7}{4}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_5 = \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_6 = \frac{7\cdot 47}{8\cdot 115}\sqrt{6} \pm \frac{2\cdot 81}{115}.$$

Die allgemeine Form der Ausdrücke für die cos. der Rotationswinkel der regulären homogenen geradzähligen Ringe mit diesen beiden Winkeln, bei denen die Rotationsaxen ebene reguläre Polygone bilden, läßt sich durch einfache Umformungen ableiten. Man erhält für die Ringe dieser Art:

mit $\measuredangle$ 67°29′8″ den Ausdruck: $\cos = 5\cdot\frac{1}{7}\sqrt{7}\cdot\frac{1}{4}\sqrt{2}\cdot\sqrt{\frac{2-\sqrt{x}}{2+\sqrt{x}}}$,

mit $\measuredangle$ 102 7 4 - - - : $\cos = \frac{7}{2}\cdot\frac{1}{4}\sqrt{2}\cdot\sqrt{\frac{2-\sqrt{x}}{2+\sqrt{x}}}$.

## II. Heterogene geradzählige Ringe aus je zwei Winkeln.

Um Wiederholungen zu vermeiden, sei betreffs der Möglichkeit dieser Ringe auf das in den früheren Abhandlungen[1]) Gesagte hingewiesen, um

1) Diese Zeitschr. **40**, 442 ff.

hier gleich die Combinationsmöglichkeiten anzuführen. Es sind mit den früher abgeleiteten Kraftrichtungsschnittwinkeln (reell oder hypothetisch) folgende Combinationen möglich und mathematisch zu untersuchen:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | Winkel | 102°... | und | Winkel | 148°... |
| 2. | - | 102°... | - | - | 109°... |
| 3. | - | 102°... | - | - | 70°... |
| 4. | - | 102°... | - | - | 65°... |
| 5. | - | 102°... | - | - | 38°... |
| 6. | - | 102°... | - | - | 31°... |
| 7. | - | 102°... | - | - | 22°... |
| 8. | - | 67°... | - | - | 148°... |
| 9. | - | 67°... | - | - | 109°... |
| 10. | - | 67°... | - | - | 70°... |
| 11. | - | 67°... | - | - | 65°... |
| 12. | - | 67°... | - | - | 38°... |
| 13. | - | 67°... | - | - | 31°... |
| 14. | - | 67°... | - | - | 22°... |

Dazu kommt noch die Combination der beiden neuen Kraftrichtungsschnittwinkel unter sich:

15. Winkel 67°... und Winkel 102°...

Zur Berechnung sei wieder auf die in der dritten Abhandlung den heterogenen geradzähligen Ringen aus je zwei Winkeln vorausgeschickten allgemeinen Andeutungen verwiesen. Die in der folgenden mathematischen Entwickelung zugrunde liegende halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen ist in der Einleitung der vorliegenden Abhandlung gelegentlich der Berechnung der Functionen der beiden neuen Winkel abgeleitet und beträgt, um dieselbe zahlenmäßig hier zu wiederholen:

$$\text{für } \measuredangle\ 67°29'8'' = 2\sqrt{3},$$
$$\text{für } \measuredangle\ 102\ \ 7\ 4 = \tfrac{4}{7}\sqrt{3}.$$

### 1. Die heterogenen Ringe mit den Winkeln 102°... und 148°...

#### A. Der Raumvierring.

$$\cos\alpha_1 = -\frac{\sin 74°...}{\cos 51°...} = -\tfrac{5}{8}\sqrt{6} \quad \text{(imag.)}$$

$$\cos\alpha_2 = -\frac{\sin 51°...}{\cos 74°...} = -\tfrac{7}{6}\sqrt{6} \quad ,,$$

#### B. Die Raumsechsringe.

Die wahre Entfernung der Raumpunkte in diesen heterogenen Ringen beträgt

$\frac{1}{2}$ wahre Entfernung der Raumpunkte in den homog. $148^0 \ldots = \frac{11}{10}\sqrt{3}$
vermehrt

$\frac{1}{2}$ wahre Entfernung der Raumpunkte in den homog. $102^0 \ldots = \frac{11}{7}\sqrt{3}$

somit $= \frac{187}{70}\sqrt{3}.$

$$p_1 = \tfrac{187}{70}\sqrt{3}\,\sin 51^0 \ldots = \tfrac{187}{90}\sqrt{3}$$
$$g_1 = \tfrac{187}{70}\sqrt{3}\,\cos 51^0 \ldots = \tfrac{2}{9}\cdot\tfrac{187}{35}\sqrt{6}$$

und

$$p_2 = \tfrac{187}{70}\sqrt{3}\,\sin 74^0 \ldots = \tfrac{187}{42}$$
$$g_2 = \tfrac{187}{70}\sqrt{3}\,\cos 74^0 \ldots = \frac{187}{3\cdot 70}\sqrt{2}$$
$$DE_1 = 2p_2 = \tfrac{187}{21} \qquad DE_2 = 2p_1 = \tfrac{187}{45}\sqrt{3}.$$

Diese Größen liefern folgende beiden Systeme von Gleichungen:

I. $187 = 32\cos\alpha_1\cos\beta_1 - 64\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 28\sqrt{6}\cos\beta_1$
$187 = 32\cos\beta_1\cos\gamma_1 - 64\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 28\sqrt{6}\cos\beta_1 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_1$
$187 = 32\cos\gamma_1\cos\delta_1 - 64\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 28\sqrt{6}\cos\delta_1,$

deren Lösungen sind:

$$\left.\begin{aligned}
\cos\alpha_{11} &= \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{4}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_{12} &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{13} &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{14} &= \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{4}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_{15} &= -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{16} &= -\tfrac{7}{8}\cdot\tfrac{219}{115}\sqrt{6} \pm \tfrac{334}{115}
\end{aligned}\right\} \text{(imag.)}$$

II. $109 = 16\cos\alpha_2\cos\beta_2 - 12\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 15\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 15\sqrt{6}\cos\beta_2$
$109 = 16\cos\beta_2\cos\gamma_2 - 12\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 15\sqrt{6}\cos\beta_2 - 15\sqrt{6}\cos\gamma_2$
$109 = 16\cos\gamma_2\cos\alpha_2 - 12\sin\gamma_2\sin\alpha_2 - 15\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 15\sqrt{6}\cos\alpha_2,$

deren Lösungen sind:

$$\left.\begin{aligned}
\cos\alpha_{21} &= \tfrac{5}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{7}{3}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_{22} &= -\tfrac{5}{2}\sqrt{6} \pm \tfrac{8}{3}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{23} &= -\tfrac{5}{2}\sqrt{6} \pm \tfrac{8}{3}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{24} &= \tfrac{5}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{7}{3}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_{25} &= -\tfrac{5}{2}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{2}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_{26} &= -\tfrac{5}{2}\cdot\tfrac{145}{144}\sqrt{6} \pm \frac{7\cdot 37}{144}
\end{aligned}\right\} \text{(imag.)}$$

## C. Die Raumachtringe.

Die beiden Systeme der Gleichungen sind:

I. $$\begin{aligned}
69 &= -28\sqrt{2}\cos\alpha_1 - 28\sqrt{2}\cos\beta_1 - 32\sin\alpha_1\sin\beta_1\\
69 &= -28\sqrt{2}\cos\beta_1 - 28\sqrt{2}\cos\gamma_1 - 32\sin\beta_1\sin\gamma_1\\
69 &= -28\sqrt{2}\cos\gamma_1 - 28\sqrt{2}\cos\delta_1 - 32\sin\gamma_1\sin\delta_1\\
69 &= -28\sqrt{2}\cos\delta_1 - 28\sqrt{2}\cos\alpha_1 - 32\sin\delta_1\sin\alpha_1,
\end{aligned}$$

deren Lösungen:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{11} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{5}{4}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{12} &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{13} &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{14} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{5}{4}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{15} &= \pm\tfrac{9}{8}\sqrt{2} \qquad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{16} &= -\tfrac{69}{56}\sqrt{2} \pm 1.
\end{aligned}$$

II. $$\begin{aligned}
17 &= -15\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 15\sqrt{2}\cos\beta_2 - 6\sin\alpha_2\sin\beta_2\\
17 &= -15\sqrt{2}\cos\beta_2 - 15\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 6\sin\beta_2\sin\gamma_2\\
17 &= -15\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 15\sqrt{2}\cos\delta_2 - 6\sin\gamma_2\sin\delta_2\\
17 &= -15\sqrt{2}\cos\delta_2 - 15\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 6\sin\delta_2\sin\alpha_2,
\end{aligned}$$

deren Lösungen:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{21} &= \tfrac{5}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{7}{3}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{22} &= -\tfrac{5}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{3}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{23} &= -\tfrac{5}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{3}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{24} &= \tfrac{5}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{7}{3}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{25} &= \pm\tfrac{2}{3}\sqrt{6} \qquad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{26} &= -\tfrac{17}{30}\sqrt{2} \pm 1.
\end{aligned}$$

## D. Die Raumzwölfringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I. $$\begin{aligned}
89 &= -28\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 28\sqrt{6}\cos\beta_1 - 64\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 32\cos\alpha_1\cos\beta_1\\
89 &= -28\sqrt{6}\cos\beta_1 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 64\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 32\cos\beta_1\cos\gamma_1\\
89 &= -28\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 28\sqrt{6}\cos\delta_1 - 64\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 32\cos\gamma_1\cos\delta_1\\
89 &= -28\sqrt{6}\cos\delta_1 - 28\sqrt{6}\cos\varepsilon_1 - 64\sin\delta_1\sin\varepsilon_1 - 32\cos\delta_1\cos\varepsilon_1\\
89 &= -28\sqrt{6}\cos\varepsilon_1 - 28\sqrt{6}\cos\eta_1 - 64\sin\varepsilon_1\sin\eta_1 - 32\cos\varepsilon_1\cos\eta_1\\
89 &= -28\sqrt{6}\cos\eta_1 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 64\sin\eta_1\sin\alpha_1 - 32\cos\eta_1\cos\alpha_1,
\end{aligned}$$

deren Lösungen:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{11} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{4}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{12} &= -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\\
\cos\alpha_{13} &= -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\\
\cos\alpha_{14} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{4}\sqrt{6}
\end{aligned}$$

$$\cos\alpha_{15} = \frac{7}{24}\sqrt{6} \pm \frac{3}{4}\sqrt{6} \qquad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\frac{7}{8}\cdot\frac{57}{115}\sqrt{6} \pm \frac{58}{115}\cdot$$

II. $$-41 = -15\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 15\sqrt{6}\cos\beta_2 - 12\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 6\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-41 = -15\sqrt{6}\cos\beta_2 - 15\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 12\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 6\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$-41 = -15\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 15\sqrt{6}\cos\delta_2 - 12\sin\gamma_2\sin\delta_2 - 6\cos\gamma_2\cos\delta_2$$
$$-41 = -15\sqrt{6}\cos\delta_2 - 15\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 12\sin\delta_2\sin\varepsilon_2 - 6\cos\delta_2\cos\varepsilon_2$$
$$-41 = -15\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 15\sqrt{6}\cos\eta_2 - 12\sin\varepsilon_2\sin\eta_2 - 6\cos\varepsilon_2\cos\eta_2$$
$$-41 = -15\sqrt{6}\cos\eta_2 - 15\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 12\sin\eta_2\sin\alpha_2 - 6\cos\eta_2\cos\alpha_2,$$

deren Lösungen:

$$\cos\alpha_{21} = \frac{5}{2}\sqrt{6} \pm \frac{7}{3}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\frac{5}{6}\sqrt{6} \pm \frac{8}{3}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\frac{5}{6}\sqrt{6} \pm \frac{8}{3}$$
$$\cos\alpha_{24} = \frac{5}{2}\sqrt{6} \pm \frac{7}{3}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{25} = \frac{5}{6}\sqrt{6} \pm \frac{3}{2}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{26} = \frac{5}{2}\cdot\frac{47}{219}\sqrt{6} \pm \frac{266}{219}\cdot$$

## 2. Die heterogenen Ringe mit den Winkeln 102°... und 109°...

### A. Der Raumvierring.

$$\left.\begin{aligned}\cos\alpha_1 &= -\frac{\sin 54^0\ldots}{\cos 51^0\ldots} = -\frac{3}{4}\sqrt{3}\\ \cos\alpha_2 &= -\frac{\sin 51^0\ldots}{\cos 54^0\ldots} = -\frac{7}{9}\sqrt{3}\end{aligned}\right\} \text{(imag.)}$$

### B. Die Raumsechsringe.

Die wahre Entfernung der Raumpunkte setzt sich zusammen:

aus der halben wahren Entfernung der Raumpunkte für $102^0\ldots = \frac{1}{7}\sqrt{3}$

und - - - - - - - $109^0\ldots = \frac{1}{2}\sqrt{3}$

und ist somit gleich $\frac{29}{14}\sqrt{3}$.

$$p_1 = \frac{29}{14}\sqrt{3}\sin 51^0\ldots = \frac{29}{18}\sqrt{3}$$
$$g_1 = \frac{29}{14}\sqrt{3}\cos 51^0\ldots = \frac{29}{7}\cdot\frac{2}{9}\cdot\sqrt{6}$$

und

$$p_2 = \frac{29}{14}\sqrt{3}\sin 54^0\ldots = \frac{29}{14}\sqrt{2}$$
$$g_2 = \frac{29}{14}\sqrt{3}\cos 54^0\ldots = \frac{29}{14}$$

$$DE_1 = 2p_2 = \frac{29}{7}\sqrt{2} \qquad DE_2 = 2p_1 = \frac{29}{9}\sqrt{3}.$$

Aus diesen Werten ergeben sich folgende Systeme der Grundgleichungen:

I. $$\begin{aligned} 103 &= -28\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 28\sqrt{6}\cos\beta_1 - 64\sin\alpha_1\sin\beta_1 + 32\cos\alpha_1\cos\beta_1 \\ 103 &= -28\sqrt{6}\cos\beta_1 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 64\sin\beta_1\sin\gamma_1 + 32\cos\beta_1\cos\gamma_1 \\ 103 &= -28\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 64\sin\gamma_1\sin\alpha_1 + 32\cos\gamma_1\cos\alpha_1, \end{aligned}$$

deren Wurzeln sind:

$$\begin{aligned} \cos\alpha_{11} &= \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{2} \\ \cos\alpha_{12} &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6} \\ \cos\alpha_{13} &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6} \\ \cos\alpha_{14} &= \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{2} \\ \cos\alpha_{15} &= -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6} \quad \text{(imag.)} \\ \cos\alpha_{16} &= -\tfrac{7}{8}\cdot\tfrac{37}{23}\sqrt{6} \pm \tfrac{50}{23}. \end{aligned}$$

II. $$\begin{aligned} 88 &= -27\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 27\sqrt{6}\cos\beta_2 - 54\sin\alpha_2\sin\beta_2 + 27\cos\alpha_2\cos\beta_2 \\ 88 &= -27\sqrt{6}\cos\beta_2 - 27\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 54\sin\beta_2\sin\gamma_2 + 27\cos\beta_2\cos\gamma_2 \\ 88 &= 27\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 27\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 54\sin\gamma_2\sin\alpha_2 + 27\cos\gamma_2\cos\alpha_2, \end{aligned}$$

deren Wurzeln sind:

$$\begin{aligned} \cos\alpha_{21} &= \tfrac{1}{3}\sqrt{6} \pm \tfrac{14}{9} \\ \cos\alpha_{22} &= -\sqrt{6} \pm \tfrac{8}{9}\sqrt{6} \\ \cos\alpha_{23} &= -\sqrt{6} \pm \tfrac{8}{9}\sqrt{6} \\ \cos\alpha_{24} &= \tfrac{1}{3}\sqrt{6} \pm \tfrac{14}{9} \\ \cos\alpha_{25} &= -\tfrac{1}{3}\sqrt{6} \pm 2 \\ \cos\alpha_{26} &= \tfrac{23}{27}\sqrt{6} \pm \tfrac{50}{27}. \end{aligned}$$

## C. Die Raumachtringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I. $$\begin{aligned} 27 &= -28\sqrt{2}\cos\alpha_1 - 28\sqrt{2}\cos\beta_1 - 32\sin\alpha_1\sin\beta_1 \\ 27 &= -28\sqrt{2}\cos\beta_1 - 28\sqrt{2}\cos\gamma_1 - 32\sin\beta_1\sin\gamma_1 \\ 27 &= -28\sqrt{2}\cos\gamma_1 - 28\sqrt{2}\cos\delta_1 - 32\sin\gamma_1\sin\delta_1 \\ 27 &= -28\sqrt{2}\cos\delta_1 - 28\sqrt{2}\cos\alpha_1 - 32\sin\delta_1\sin\alpha_1, \end{aligned}$$

deren Lösungen:

$$\begin{aligned} \cos\alpha_{11} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6} \\ \cos\alpha_{12} &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{3} \\ \cos\alpha_{13} &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{3} \\ \cos\alpha_{14} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6} \\ \cos\alpha_{15} &= \pm\tfrac{3}{8}\sqrt{2} \quad \text{(imag.)} \\ \cos\alpha_{16} &= -\tfrac{37}{28}\sqrt{7} \pm 1 \quad \text{"} \end{aligned}$$

$$\text{II.}\quad 17 = -27\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 27\sqrt{2}\cos\beta_2 - 27\sin\alpha_2\sin\beta_2$$
$$17 = -27\sqrt{2}\cos\beta_2 - 27\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 27\sin\beta_2\sin\gamma_2$$
$$17 = -27\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 27\sqrt{2}\cos\delta_2 - 27\sin\gamma_2\sin\delta_2$$
$$17 = -27\sqrt{2}\cos\delta_2 - 27\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 27\sin\delta_2\sin\alpha_2,$$

deren Lösungen:

$$\cos\alpha_{21} = \sqrt{2} \pm \tfrac{7}{9}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\sqrt{2} \pm \tfrac{8}{9}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\sqrt{2} \pm \tfrac{8}{9}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{24} = \sqrt{2} \pm \tfrac{7}{9}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{25} = \pm\sqrt{3} \qquad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = -\tfrac{17}{54}\sqrt{2} \pm 1.$$

## D. Die Raumzwölfringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

$$\text{I.}\quad 5 = -28\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 28\sqrt{6}\cos\beta_1 - 64\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 32\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$5 = -28\sqrt{6}\cos\beta_1 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 64\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 32\cos\beta_1\cos\gamma_1$$
$$5 = -28\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 28\sqrt{6}\cos\delta_1 - 64\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 32\cos\gamma_1\cos\delta_1$$
$$5 = -28\sqrt{6}\cos\delta_1 - 28\sqrt{6}\cos\varepsilon_1 - 64\sin\delta_1\sin\varepsilon_1 - 32\cos\delta_1\cos\varepsilon_1$$
$$5 = -28\sqrt{6}\cos\varepsilon_1 - 28\sqrt{6}\cos\eta_1 - 64\sin\varepsilon_1\sin\eta_1 - 32\cos\varepsilon_1\cos\eta_1$$
$$5 = -28\sqrt{6}\cos\eta_1 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 64\sin\eta_1\sin\alpha_1 - 32\cos\eta_1\cos\alpha_1,$$

deren Lösungen:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{2}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{2}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{15} = \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6} \qquad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = \tfrac{7}{8}\cdot\tfrac{27}{115}\sqrt{6} \pm \tfrac{142}{115}.$$

$$\text{II.}\quad -20 = -27\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 27\sqrt{6}\cos\beta_2 - 54\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 27\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-20 = -27\sqrt{6}\cos\beta_2 - 27\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 54\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 27\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$-20 = -27\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 27\sqrt{6}\cos\delta_2 - 54\sin\gamma_2\sin\delta_2 - 27\cos\gamma_2\cos\delta_2$$
$$-20 = -27\sqrt{6}\cos\delta_2 - 27\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 54\sin\delta_2\sin\varepsilon_2 - 27\cos\delta_2\cos\varepsilon_2$$
$$-20 = -27\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 27\sqrt{6}\cos\eta_2 - 54\sin\varepsilon_2\sin\eta_2 - 27\cos\varepsilon_2\cos\eta_2$$
$$-20 = -27\sqrt{6}\cos\eta_2 - 27\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 54\sin\eta_2\sin\alpha_2 - 27\cos\eta_2\cos\alpha_2,$$

deren Lösungen sind:

$$\cos\alpha_{21} = \sqrt{6} \pm \tfrac{14}{9}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{1}{3}\sqrt{6} \pm \tfrac{8}{9}\sqrt{2}$$

$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{1}{3}\sqrt{6} \pm \tfrac{8}{9}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{24} = \sqrt{6} \pm \tfrac{14}{9}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{25} = \tfrac{4}{3}\sqrt{6} \pm 2 \qquad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = \frac{47}{5\cdot 27}\sqrt{6} \pm \frac{142}{5\cdot 27}.$$

### 3. Die heterogenen Ringe mit den Winkeln $70^0\ldots$ und $102^0\ldots$

#### A. Der Raumvierring.

$$\cos\alpha_2 = -\frac{\sin 35^0\ldots}{\cos 51^0\ldots} = -\tfrac{3}{8}\sqrt{6} \quad \text{(reell)},$$
$$\cos\alpha_1 = -\frac{\sin 51^0\ldots}{\cos 35^0\ldots} = -\tfrac{7}{18}\sqrt{6} \quad \text{(reell)}.$$

#### B. Die Raumsechsringe.

Die wahre Entfernung der Raumpunkte dieser heterogenen Ringe ist gleich der halben wahren Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit $70^0\ldots$ $(\frac{1}{2}\sqrt{3})$, vermehrt um die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit $102^0\ldots$ $(\frac{11}{7}\sqrt{3})$; somit gleich $\frac{29}{14}\sqrt{3}$.

$$p_1 = \tfrac{29}{14}\sqrt{3}\sin 35^0\ldots = \tfrac{29}{14}$$
$$g_1 = \tfrac{29}{14}\sqrt{3}\cos 35^0\ldots = \tfrac{29}{14}\sqrt{2}$$

und

$$p_2 = \tfrac{29}{14}\sqrt{3}\sin 51^0\ldots = \tfrac{29}{18}\sqrt{3}$$
$$g_2 = \tfrac{29}{14}\sqrt{3}\cos 51^0\ldots = \frac{2\cdot 29}{7\cdot 9}\sqrt{6}.$$

$$DE_1 = 2p_2 = \tfrac{29}{9}\sqrt{3}; \qquad DE_2 = 2p_1 = \tfrac{29}{7}.$$

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I. $$61 = -27\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 27\sqrt{6}\cos\beta_1 - 108\sin\alpha_1\sin\beta_1 + 54\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$61 = -27\sqrt{6}\cos\beta_1 - 27\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 108\sin\beta_1\sin\gamma_1 + 54\cos\beta_1\cos\gamma_1$$
$$61 = -27\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 27\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 108\sin\gamma_1\sin\alpha_1 + 54\cos\gamma_1\cos\alpha_1.$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{1}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{7}{9}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{1}{2}\sqrt{6} \pm \tfrac{8}{9}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{1}{2}\sqrt{6} \pm \tfrac{8}{9}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{1}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{7}{9}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{15} = -\tfrac{1}{6}\sqrt{6} \pm \sqrt{2} \qquad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\tfrac{115}{54}\sqrt{6} \pm \tfrac{115}{18}.$$

II. $-5 = -28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 64\sin\alpha_2\sin\beta_2 + 32\cos\alpha_2\cos\beta_2$

$-5 = -28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 64\sin\beta_2\sin\gamma_2 + 32\cos\beta_2\cos\gamma_2$

$-5 = -28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 64\sin\gamma_2\sin\alpha_2 + 32\cos\gamma_2\cos\alpha_2.$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{2}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{2}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{25} = -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = -\tfrac{7}{8}\cdot\tfrac{27}{115}\sqrt{6} \pm \tfrac{142}{115}.$$

## C. Die Raumachtringe.

Die beiden Systeme der Gleichungen sind:

I. $17 = -27\sqrt{2}\cos\alpha_1 - 27\sqrt{2}\cos\beta_1 - 54\sin\alpha_1\sin\beta_1$

$17 = -27\sqrt{2}\cos\beta_1 - 27\sqrt{2}\cos\gamma_1 - 54\sin\beta_1\sin\gamma_1$

$17 = -27\sqrt{2}\cos\gamma_1 - 27\sqrt{2}\cos\delta_1 - 54\sin\gamma_1\sin\delta_1$

$17 = -27\sqrt{2}\cos\delta_1 - 27\sqrt{2}\cos\alpha_1 - 54\sin\delta_1\sin\alpha_1.$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{1}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{7}{9}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{1}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{4}{9}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{1}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{4}{9}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{1}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{7}{9}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{15} = \pm\tfrac{1}{2}\sqrt{6} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\tfrac{17}{54}\sqrt{2} \pm 1.$$

II. $-27 = -28\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{2}\cos\beta_2 - 32\sin\alpha_2\sin\beta_2$

$-27 = -28\sqrt{2}\cos\beta_2 - 28\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 32\sin\beta_2\sin\gamma_2$

$-27 = -28\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{2}\cos\delta_2 - 32\sin\gamma_2\sin\delta_2$

$-27 = -28\sqrt{2}\cos\delta_2 - 28\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 32\sin\delta_2\sin\alpha_2.$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{25} = \pm\tfrac{3}{8}\sqrt{2} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{27}{56}\sqrt{2} \pm 1.$$

## D. Die Raumzwölfringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

$$
\begin{aligned}
\text{I.}\quad 7 &= -27\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 27\sqrt{6}\cos\beta_1 - 108\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 54\cos\alpha_1\cos\beta_1\\
7 &= -27\sqrt{6}\cos\beta_1 - 27\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 108\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 54\cos\beta_1\cos\gamma_1\\
7 &= -27\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 27\sqrt{6}\cos\delta_1 - 108\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 54\cos\gamma_1\cos\delta_1\\
7 &= -27\sqrt{6}\cos\delta_1 - 27\sqrt{6}\cos\varepsilon_1 - 108\sin\delta_1\sin\varepsilon_1 - 54\cos\delta_1\cos\varepsilon_1\\
7 &= -27\sqrt{6}\cos\varepsilon_1 - 27\sqrt{6}\cos\eta_1 - 108\sin\varepsilon_1\sin\eta_1 - 54\cos\varepsilon_1\cos\eta_1\\
7 &= -27\sqrt{6}\cos\eta_1 - 27\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 108\sin\eta_1\sin\alpha_1 - 54\cos\eta_1\cos\alpha_1.
\end{aligned}
$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$
\begin{aligned}
\cos\alpha_{11} &= \tfrac{1}{2}\sqrt{6} \pm \tfrac{7}{9}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{12} &= -\tfrac{1}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{8}{9}\\
\cos\alpha_{13} &= -\tfrac{1}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{8}{9}\\
\cos\alpha_{14} &= \tfrac{1}{2}\sqrt{6} \pm \tfrac{7}{9}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{15} &= \tfrac{1}{6}\sqrt{6} \pm \sqrt{2} \quad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{16} &= \tfrac{47}{54}\sqrt{6} \pm \tfrac{148}{54}.
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\text{II.}\quad -103 &= -28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 64\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 32\cos\alpha_2\cos\beta_2\\
-103 &= -28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 64\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 32\cos\beta_2\cos\gamma_2\\
-103 &= -28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{6}\cos\delta_2 - 64\sin\gamma_2\sin\delta_2 - 32\cos\gamma_2\cos\delta_2\\
-103 &= -28\sqrt{6}\cos\delta_2 - 28\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 64\sin\delta_2\sin\varepsilon_2 - 32\cos\delta_2\cos\varepsilon_2\\
-103 &= -28\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 28\sqrt{6}\cos\eta_2 - 64\sin\varepsilon_2\sin\eta_2 - 32\cos\varepsilon_2\cos\eta_2\\
-103 &= -28\sqrt{6}\cos\eta_2 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 64\sin\eta_2\sin\alpha_2 - 32\cos\eta_2\cos\alpha_2.
\end{aligned}
$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$
\begin{aligned}
\cos\alpha_{21} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{22} &= -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{2}\\
\cos\alpha_{23} &= -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{2}\\
\cos\alpha_{24} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{25} &= \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{8}\sqrt{6} \quad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{26} &= \tfrac{7}{8}\cdot\tfrac{27}{23}\sqrt{6} \pm \tfrac{50}{23}.
\end{aligned}
$$

### 4. Die heterogenen Ringe mit den Winkeln 65°... und 102°...

#### A. Der Raumvierring.

$$\cos\alpha_1 = -\frac{\sin 51^0\ldots}{\cos 32^0\ldots} = -\tfrac{7}{57}\sqrt{57} \quad \text{(reell)},$$

$$\cos\alpha_2 = -\frac{\sin 32^0\ldots}{\cos 51^0\ldots} = -\tfrac{1}{2}\sqrt{3} \quad \text{(reell)}.$$

## B. Die Raumsechsringe.

Die wahre Entfernung der Raumpunkte ist gleich der Summe von

$2\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit $65^0 \ldots$)

und $\frac{11}{7}\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit $102^0 \ldots$);

somit gleich $\frac{25}{7}\sqrt{3}$.

$$p_1 = \tfrac{25}{7}\sqrt{3} \sin 32^0 \ldots = \tfrac{50}{21}\sqrt{2}$$
$$g_1 = \tfrac{25}{7}\sqrt{3} \cos 32^0 \ldots = \tfrac{25}{21}\sqrt{19}$$

und

$$p_2 = \tfrac{25}{7}\sqrt{3} \sin 51^0 \ldots = \tfrac{25}{9}\sqrt{3}$$
$$g_2 = \tfrac{25}{7}\sqrt{3} \cos 51^0 \ldots = \frac{4 \cdot 25}{7 \cdot 9}\sqrt{6}.$$

$$DE_1 = 2p_2 = \frac{2 \cdot 25}{9}\sqrt{3}; \quad DE_2 = 2p_1 = \frac{4 \cdot 25}{21}\sqrt{2}.$$

Diese Werte liefern folgende Systeme der Grundgleichungen:

I. $$58 = -6\sqrt{114}\cos\alpha_1 - 6\sqrt{114}\cos\beta_1 - 114\sin\alpha_1\sin\beta_1 + 57\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$58 = -6\sqrt{114}\cos\beta_1 - 6\sqrt{114}\cos\gamma_1 - 114\sin\beta_1\sin\gamma_1 + 57\cos\beta_1\cos\gamma_1$$
$$58 = -6\sqrt{114}\cos\gamma_1 - 6\sqrt{114}\cos\alpha_1 - 114\sin\gamma_1\sin\alpha_1 + 57\cos\gamma_1\cos\alpha_1,$$

die befriedigt werden durch folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{2}{57}\sqrt{114} \pm \tfrac{14}{57}\sqrt{19}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{2}{19}\sqrt{114} \pm \tfrac{8}{57}\sqrt{114}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{2}{19}\sqrt{114} \pm \tfrac{8}{57}\sqrt{114}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{2}{57}\sqrt{114} \pm \tfrac{14}{57}\sqrt{19}$$
$$\cos\alpha_{15} = -\tfrac{2}{57}\sqrt{114} \pm \tfrac{6}{19}\sqrt{19} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\frac{2 \cdot 23}{57}\sqrt{114} \pm \tfrac{26}{3}.$$

II. $$-17 = -28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 64\sin\alpha_2\sin\beta_2 + 32\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-17 = -28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 64\sin\beta_2\sin\gamma_2 + 32\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$-17 = -28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 64\sin\gamma_2\sin\alpha_2 + 32\cos\gamma_2\cos\alpha_2;$$

deren Lösung ergibt folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm 1$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{114}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{114}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm 1$$
$$\cos\alpha_{25} = -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = -\tfrac{7}{8} \cdot \tfrac{3}{23}\sqrt{6} + \tfrac{26}{23}.$$

### C. Die Raumachtringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

$$\text{I.}\quad \begin{aligned} 17 &= -6\sqrt{38}\cos\alpha_1 - 6\sqrt{38}\cos\beta_1 - 57\sin\alpha_1\sin\beta_1\\ 17 &= -6\sqrt{38}\cos\beta_1 - 6\sqrt{38}\cos\gamma_1 - 57\sin\beta_1\sin\gamma_1\\ 17 &= -6\sqrt{38}\cos\gamma_1 - 6\sqrt{38}\cos\delta_1 - 57\sin\gamma_1\sin\delta_1\\ 17 &= -6\sqrt{38}\cos\delta_1 - 6\sqrt{38}\cos\alpha_1 - 57\sin\delta_1\sin\alpha_1, \end{aligned}$$

die, aufgelöst, folgende Werte liefern:

$$\begin{aligned} \cos\alpha_{11} &= \tfrac{2}{19}\sqrt{38} \pm \tfrac{7}{57}\sqrt{114}\\ \cos\alpha_{12} &= -\tfrac{2}{19}\sqrt{38} \pm \tfrac{8}{57}\sqrt{57}\\ \cos\alpha_{13} &= -\tfrac{2}{19}\sqrt{38} \pm \tfrac{8}{57}\sqrt{57}\\ \cos\alpha_{14} &= \tfrac{2}{19}\sqrt{38} \pm \tfrac{7}{57}\sqrt{114}\\ \cos\alpha_{15} &= \pm\tfrac{3}{19}\sqrt{57} \qquad \text{(imag.)}\\ \cos\alpha_{16} &= \frac{17}{6\cdot 38}\sqrt{38} \pm 1. \end{aligned}$$

$$\text{II.}\quad \begin{aligned} -33 &= -28\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{2}\cos\beta_2 - 32\sin\alpha_2\sin\beta_2\\ -33 &= -28\sqrt{2}\cos\beta_2 - 28\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 32\sin\beta_2\sin\gamma_2\\ -33 &= -28\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{2}\cos\delta_2 - 32\sin\gamma_2\sin\delta_2\\ -33 &= -28\sqrt{2}\cos\delta_2 - 28\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 32\sin\delta_2\sin\alpha_2, \end{aligned}$$

die, aufgelöst, folgende Werte liefern:

$$\begin{aligned} \cos\alpha_{21} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{6}\\ \cos\alpha_{22} &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{57}\\ \cos\alpha_{23} &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{57}\\ \cos\alpha_{24} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{6}\\ \cos\alpha_{25} &= \pm\tfrac{9}{8}\sqrt{2} \qquad \text{(imag.)}\\ \cos\alpha_{26} &= \tfrac{33}{56}\sqrt{2} \pm 1. \end{aligned}$$

### D. Die Raumzwölfringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen lauten:

$$\text{I.}\quad \begin{aligned} 10 &= -6\sqrt{114}\cos\alpha_1 - 6\sqrt{114}\cos\beta_1 - 114\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 57\cos\alpha_1\cos\beta_1\\ 10 &= -6\sqrt{114}\cos\beta_1 - 6\sqrt{114}\cos\gamma_1 - 114\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 57\cos\beta_1\cos\gamma_1\\ 10 &= -6\sqrt{114}\cos\gamma_1 - 6\sqrt{114}\cos\delta_1 - 114\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 57\cos\gamma_1\cos\delta_1\\ 10 &= -6\sqrt{114}\cos\delta_1 - 6\sqrt{114}\cos\varepsilon_1 - 114\sin\delta_1\sin\varepsilon_1 - 57\cos\delta_1\cos\varepsilon_1\\ 10 &= -6\sqrt{114}\cos\varepsilon_1 - 6\sqrt{114}\cos\eta_1 - 114\sin\varepsilon_1\sin\eta_1 - 57\cos\varepsilon_1\cos\eta_1\\ 10 &= -6\sqrt{114}\cos\eta_1 - 6\sqrt{114}\cos\alpha_1 - 114\sin\eta_1\sin\alpha_1 - 57\cos\eta_1\cos\alpha_1. \end{aligned}$$

Die Auflösung liefert folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{2}{19}\sqrt{114} \pm \tfrac{14}{57}\sqrt{57}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{2}{57}\sqrt{114} \pm \tfrac{8}{57}\sqrt{38}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{2}{57}\sqrt{114} \pm \tfrac{8}{57}\sqrt{38}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{2}{19}\sqrt{114} \pm \tfrac{14}{57}\sqrt{57}$$
$$\cos\alpha_{15} = \tfrac{2}{57}\sqrt{114} \pm \tfrac{6}{19}\sqrt{19}$$
$$\cos\alpha_{16} = \tfrac{2}{5}\cdot\tfrac{17}{57}\sqrt{114} \pm \frac{2\cdot 31}{15}.$$

II. $$-115 = -28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 64\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 32\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-115 = -28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 64\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 32\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$-115 = -28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{6}\cos\delta_2 - 64\sin\gamma_2\sin\delta_2 - 32\cos\gamma_2\cos\delta_2$$
$$-115 = -28\sqrt{6}\cos\delta_2 - 28\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 64\sin\delta_2\sin\varepsilon_2 - 32\cos\delta_2\cos\varepsilon_2$$
$$-115 = -28\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 28\sqrt{6}\cos\eta_2 - 64\sin\varepsilon_2\sin\eta_2 - 32\cos\varepsilon_2\cos\eta_2$$
$$-115 = -28\sqrt{6}\cos\eta_2 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 64\sin\eta_2\sin\alpha_2 - 32\cos\eta_2\cos\alpha_2.$$

Die Auflösung liefert folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{38}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{38}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{25} = \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{7}{8}\cdot\tfrac{147}{115}\sqrt{6} \pm \tfrac{262}{115}.$$

## 5. Die heterogenen Ringe mit den Winkeln $38^0\ldots$ und $102^0\ldots$

### A. Der Raumvierring.

$$\cos\alpha_1 = -\frac{\sin 51^0\ldots}{\cos 19^0\ldots} = -\tfrac{7}{12}\sqrt{2} \quad \text{(reell)},$$
$$\cos\alpha_2 = -\frac{\sin 19^0\ldots}{\cos 51^0\ldots} = -\tfrac{3}{8}\sqrt{2} \quad \text{(reell)}.$$

### B. Die Raumsechsringe.

Die wahre Entfernung der Raumpunkte ist gleich

$2\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit $38^0\ldots$), vermehrt um

$\frac{11}{7}\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit $102^0\ldots$); gleich $\frac{25}{7}\sqrt{3}$.

$$p_1 = \tfrac{25}{7}\sqrt{3}\sin 19^0\ldots = \tfrac{25}{21}\sqrt{3}$$
$$g_1 = \tfrac{25}{7}\sqrt{3}\cos 19^0\ldots = \frac{2\cdot 25}{21}\sqrt{6}$$

und

$$p_2 = \tfrac{25}{7}\sqrt{3}\,\sin 51^0 \ldots = \tfrac{25}{9}\sqrt{3}$$
$$g_2 = \tfrac{25}{7}\sqrt{3}\,\cos 51^0 \ldots = \frac{4\cdot 25}{7\cdot 9}\sqrt{6}.$$

$$DE_1 = 2p_2 = \frac{2\cdot 25}{9}\sqrt{3}; \qquad DE_2 = 2p_1 = \frac{2\cdot 25}{21}\sqrt{3}.$$

Diese Werte liefern folgende Systeme der Grundgleichungen:

I. $43 = -18\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 18\sqrt{6}\cos\beta_1 - 144\sin\alpha_1\sin\beta_1 + 72\cos\alpha_1\cos\beta_1$
$43 = -18\sqrt{6}\cos\beta_1 - 18\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 144\sin\beta_1\sin\gamma_1 + 72\cos\beta_1\cos\gamma_1$
$43 = -18\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 18\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 144\sin\gamma_1\sin\alpha_1 + 72\cos\gamma_1\cos\alpha_1,$

deren Auflösung zu folgenden Werten führt:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{1}{12}\sqrt{6} \pm \tfrac{7}{18}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{1}{4}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{3}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{1}{4}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{3}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{1}{12}\sqrt{6} \pm \tfrac{7}{18}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{15} = -\tfrac{1}{12}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{6} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = \tfrac{23}{36}\sqrt{6} \pm \tfrac{14}{9}\cdot$$

II. $-77 = -28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 64\sin\alpha_2\sin\beta_2 + 32\cos\alpha_2\cos\beta_2$
$-77 = -28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 64\sin\beta_2\sin\gamma_2 + 32\cos\beta_2\cos\gamma_2$
$-77 = -28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 64\sin\gamma_2\sin\alpha_2 + 32\cos\gamma_2\cos\alpha_2,$

deren Auflösung zu folgenden Werten führt:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm 3$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm 3$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{25} = -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = -\tfrac{7}{8}\cdot\tfrac{9}{23}\sqrt{6} \pm \tfrac{14}{23}\cdot$$

## C. Die Raumachtringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I. $17 = -18\sqrt{2}\cos\alpha_1 - 18\sqrt{2}\cos\beta_1 - 72\sin\alpha_1\sin\beta_1$
$17 = -18\sqrt{2}\cos\beta_1 - 18\sqrt{2}\cos\gamma_1 - 72\sin\beta_1\sin\gamma_1$
$17 = -18\sqrt{2}\cos\gamma_1 - 18\sqrt{2}\cos\delta_1 - 72\sin\gamma_1\sin\delta_1$
$17 = -18\sqrt{2}\cos\delta_1 - 18\sqrt{2}\cos\alpha_1 - 72\sin\delta_1\sin\alpha_1,$

die, aufgelöst, folgende Werte liefern:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{11} &= \tfrac{1}{4}\sqrt{2} \pm \tfrac{7}{6}\\
\cos\alpha_{12} &= -\tfrac{1}{4}\sqrt{2} \pm \tfrac{2}{3}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_{13} &= -\tfrac{1}{4}\sqrt{2} \pm \tfrac{2}{3}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_{14} &= \tfrac{1}{4}\sqrt{2} \pm \tfrac{7}{6}\\
\cos\alpha_{15} &= \pm\tfrac{3}{4}\sqrt{2} \qquad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{16} &= -\tfrac{17}{36}\sqrt{2} \pm 1.
\end{aligned}$$

II. $$\begin{aligned}
-63 &= -28\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{2}\cos\beta_2 - 32\sin\alpha_2\sin\beta_2\\
-63 &= -28\sqrt{2}\cos\beta_2 - 28\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 32\sin\beta_2\sin\gamma_2\\
-63 &= -28\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{2}\cos\delta_2 - 32\sin\gamma_2\sin\delta_2\\
-63 &= -28\sqrt{2}\cos\delta_2 - 28\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 32\sin\delta_2\sin\alpha_2,
\end{aligned}$$

die, aufgelöst, folgende Werte liefern:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{21} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{3}{4}\\
\cos\alpha_{22} &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{3}{2}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_{23} &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{3}{2}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_{24} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{3}{4}\\
\cos\alpha_{25} &= \pm\tfrac{9}{8}\sqrt{2} \qquad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{26} &= \tfrac{9}{8}\sqrt{2} \pm 1.
\end{aligned}$$

## D. Die Raumzwölfringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I. $$\begin{aligned}
25 &= -18\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 18\sqrt{6}\cos\beta_1 - 144\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 72\cos\alpha_1\cos\beta_1\\
25 &= -18\sqrt{6}\cos\beta_1 - 18\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 144\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 72\cos\beta_1\cos\gamma_1\\
25 &= -18\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 18\sqrt{6}\cos\delta_1 - 144\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 72\cos\gamma_1\cos\delta_1\\
25 &= -18\sqrt{6}\cos\delta_1 - 18\sqrt{6}\cos\varepsilon_1 - 144\sin\delta_1\sin\varepsilon_1 - 72\cos\delta_1\cos\varepsilon_1\\
25 &= -18\sqrt{6}\cos\varepsilon_1 - 18\sqrt{6}\cos\eta_1 - 144\sin\varepsilon_1\sin\eta_1 - 72\cos\varepsilon_1\cos\eta_1\\
25 &= -18\sqrt{6}\cos\eta_1 - 18\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 144\sin\eta_1\sin\alpha_1 - 72\cos\eta_1\cos\alpha_1,
\end{aligned}$$

die bei der Auflösung folgende Werte liefern:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{11} &= \tfrac{1}{4}\sqrt{6} \pm \tfrac{7}{6}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_{12} &= -\tfrac{1}{12}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{9}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{13} &= -\tfrac{1}{12}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{9}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{14} &= \tfrac{1}{4}\sqrt{6} \pm \tfrac{7}{6}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_{15} &= \tfrac{1}{12}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{6} \qquad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{16} &= -\frac{47}{10\cdot 18}\sqrt{6} \pm \tfrac{4}{95}.
\end{aligned}$$

II. $$-175 = -28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 64\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 32\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-175 = -28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 64\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 32\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$-175 = -28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{6}\cos\delta_2 - 64\sin\gamma_2\sin\delta_2 - 32\cos\gamma_2\cos\delta_2$$
$$-175 = -28\sqrt{6}\cos\delta_2 - 28\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 64\sin\delta_2\sin\varepsilon_2 - 32\cos\delta_2\cos\varepsilon_2$$
$$-175 = -28\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 28\sqrt{6}\cos\eta_2 - 64\sin\varepsilon_2\sin\eta_2 - 32\cos\varepsilon_2\cos\eta_2$$
$$-175 = -28\sqrt{6}\cos\eta_2 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 64\sin\eta_2\sin\alpha_2 - 32\cos\eta_2\cos\alpha_2,$$

die bei der Auflösung folgende Werte liefern:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{2} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \sqrt{3}$$
$$\left.\begin{aligned}\cos\alpha_{24} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{2}\\ \cos\alpha_{25} &= \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6}\\ \cos\alpha_{26} &= \tfrac{7}{8}\cdot\tfrac{207}{115}\sqrt{6} \pm \tfrac{322}{115}\end{aligned}\right\} \text{(imag.)}$$

### 6. Die heterogenen Ringe mit den Winkeln 31°... und 102°...

#### A. Der Raumvierring.

$$\cos\alpha_1 = -\frac{\sin 51^0\ldots}{\cos 15^0\ldots} = -\tfrac{7}{15}\sqrt{3} \quad \text{(reell)},$$

$$\cos\alpha_2 = -\frac{\sin 15^0\ldots}{\cos 51^0\ldots} = -\tfrac{1}{4}\sqrt{3} \quad \text{(reell)}.$$

#### B. Die Raumsechsringe.

Die wahre Entfernung der Raumpunkte setzt sich zusammen aus:

$\frac{7}{2}\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit 31°...), vermehrt um

$\frac{11}{7}\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit 102°...);

somit gleich $\frac{71}{14}\sqrt{3}$.

$$p_1 = \tfrac{71}{14}\sqrt{3}\sin 15^0\ldots = \tfrac{71}{42}\sqrt{2}$$

$$g_1 = \tfrac{71}{14}\sqrt{3}\cos 15^0\ldots = \frac{5\cdot 71}{3\cdot 14}$$

und

$$p_2 = \tfrac{71}{14}\sqrt{3}\sin 51^0\ldots = \frac{71}{2\cdot 9}\sqrt{3}$$

$$g_2 = \tfrac{71}{14}\sqrt{3}\cos 51^0\ldots = \frac{2\cdot 71}{7\cdot 9}\sqrt{6}.$$

$$DE_1 = 2p_2 = \tfrac{71}{9}\sqrt{3}; \quad DE_2 = 2p_1 = \tfrac{71}{21}\sqrt{2}.$$

Diese Werte liefern folgende Systeme der Grundgleichungen:

I. $8 = -3\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 3\sqrt{6}\cos\beta_1 - 30\sin\alpha_1\sin\beta_1 + 15\cos\alpha_1\cos\beta_1$
$8 = -3\sqrt{6}\cos\beta_1 - 3\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 30\sin\beta_1\sin\gamma_1 + 15\cos\beta_1\cos\gamma_1$
$8 = -3\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 3\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 30\sin\gamma_1\sin\alpha_1 + 15\cos\gamma_1\cos\alpha_1.$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{11} &= \tfrac{1}{15}\sqrt{6} \pm \tfrac{14}{15}\\
\cos\alpha_{12} &= -\tfrac{1}{5}\sqrt{6} \pm \tfrac{8}{15}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{13} &= -\tfrac{1}{5}\sqrt{6} \pm \tfrac{8}{15}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{14} &= \tfrac{1}{15}\sqrt{6} \pm \tfrac{14}{15}\\
\cos\alpha_{15} &= -\tfrac{1}{15}\sqrt{6} \pm \tfrac{6}{5} \quad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{16} &= \tfrac{23}{57}\sqrt{6} \pm \tfrac{58}{57}.
\end{aligned}$$

II. $-89 = -28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 64\sin\alpha_2\sin\beta_2 + 32\cos\alpha_2\cos\beta_2$
$-89 = -28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 64\sin\beta_2\sin\gamma_2 + 32\cos\beta_2\cos\gamma_2$
$-89 = -28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 64\sin\gamma_2\sin\alpha_2 + 32\cos\gamma_2\cos\alpha_2.$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{21} &= \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\\
\cos\alpha_{22} &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{4}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{23} &= -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{4}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{24} &= \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\\
\cos\alpha_{25} &= -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6} \quad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{26} &= \tfrac{7}{8} \cdot \tfrac{57}{115}\sqrt{6} \pm \tfrac{58}{115}.
\end{aligned}$$

## C. Die Raumachtringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I. $17 = -15\sqrt{2}\cos\alpha_1 - 15\sqrt{2}\cos\beta_1 - 75\sin\alpha_1\sin\beta_1$
$17 = -15\sqrt{2}\cos\beta_1 - 15\sqrt{2}\cos\gamma_1 - 75\sin\beta_1\sin\gamma_1$
$17 = -15\sqrt{2}\cos\gamma_1 - 15\sqrt{2}\cos\delta_1 - 75\sin\gamma_1\sin\delta_1$
$17 = -15\sqrt{2}\cos\delta_1 - 15\sqrt{2}\cos\alpha_1 - 75\sin\delta_1\sin\alpha_1.$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{11} &= \tfrac{1}{5}\sqrt{2} \pm \tfrac{7}{15}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{12} &= -\tfrac{1}{5}\sqrt{2} \pm \tfrac{8}{15}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{13} &= -\tfrac{1}{5}\sqrt{2} \pm \tfrac{8}{15}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{14} &= \tfrac{1}{5}\sqrt{2} \pm \tfrac{7}{15}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{15} &= \pm\tfrac{3}{5}\sqrt{3} \quad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{16} &= -\tfrac{17}{30}\sqrt{2} \pm 1.
\end{aligned}$$

$$\text{II.}\quad -69 = -28\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{2}\cos\beta_2 - 32\sin\alpha_2\sin\beta_2$$
$$-69 = -28\sqrt{2}\cos\beta_2 - 28\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 32\sin\beta_2\sin\gamma_2$$
$$-69 = -28\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{2}\cos\delta_2 - 32\sin\gamma_2\sin\delta_2$$
$$-69 = -28\sqrt{2}\cos\delta_2 - 28\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 32\sin\delta_2\sin\alpha_2.$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{5}{4}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{5}{4}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{25} = \pm\tfrac{9}{16}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{69}{56}\sqrt{2} \pm 1.$$

## D. Die Raumzwölfringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

$$\text{I.}\quad 28 = -15\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 15\sqrt{6}\cos\beta_1 - 150\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 75\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$28 = -15\sqrt{6}\cos\beta_1 - 15\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 150\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 75\cos\beta_1\cos\gamma_1$$
$$28 = -15\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 15\sqrt{6}\cos\delta_1 - 150\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 75\cos\gamma_1\cos\delta_1$$
$$28 = -15\sqrt{6}\cos\delta_1 - 15\sqrt{6}\cos\varepsilon_1 - 150\sin\delta_1\sin\varepsilon_1 - 75\cos\delta_1\cos\varepsilon_1$$
$$28 = -15\sqrt{6}\cos\varepsilon_1 - 15\sqrt{6}\cos\eta_1 - 150\sin\varepsilon_1\sin\eta_1 - 75\cos\varepsilon_1\cos\eta_1$$
$$28 = -15\sqrt{6}\cos\eta_1 - 15\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 150\sin\eta_1\sin\alpha_1 - 75\cos\eta_1\cos\alpha_1.$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{1}{5}\sqrt{6} \pm \tfrac{14}{15}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{1}{15}\sqrt{6} \pm \tfrac{8}{15}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{1}{15}\sqrt{6} \pm \tfrac{8}{15}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{1}{5}\sqrt{6} \pm \tfrac{14}{15}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{15} = \tfrac{1}{15}\sqrt{6} \pm \tfrac{8}{5} \qquad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = \tfrac{1}{5}\cdot\tfrac{47}{57}\sqrt{6} \pm \tfrac{19}{57}.$$

$$\text{II.}\quad -187 = -28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 64\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 32\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-187 = -28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 64\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 32\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$-187 = -28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{6}\cos\delta_2 - 64\sin\gamma_2\sin\delta_2 - 32\cos\gamma_2\cos\delta_2$$
$$-187 = -28\sqrt{6}\cos\delta_2 - 28\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 64\sin\delta_2\sin\varepsilon_2 - 32\cos\delta_2\cos\varepsilon_2$$
$$-187 = -28\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 28\sqrt{6}\cos\eta_2 - 64\sin\varepsilon_2\sin\eta_2 - 32\cos\varepsilon_2\cos\eta_2$$
$$-187 = -28\sqrt{6}\cos\eta_2 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 64\sin\eta_2\sin\alpha_2 - 32\cos\eta_2\cos\alpha_2.$$

Die Auflösung liefert folgende Werte:

$$\left.\begin{aligned}
\cos\alpha_{21} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{22} &= -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{4}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_{23} &= -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{4}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_{24} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{25} &= \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{26} &= \tfrac{7}{8}\cdot\tfrac{21}{115}\sqrt{6} \pm \tfrac{33}{115}\sqrt{4}
\end{aligned}\right\} \text{(imag.)}$$

## 7. Die heterogenen Ringe mit den Winkeln 22°... und 102°...

### A. Der Raumvierring.

$$\cos\alpha_1 = -\frac{\sin 51^\circ\ldots}{\cos 11^\circ\ldots} = -\tfrac{7}{78}\sqrt{78}$$

$$\cos\alpha_2 = -\frac{\sin 11^\circ\ldots}{\cos 51^\circ\ldots} = -\tfrac{1}{8}\sqrt{6}.$$

### B. Die Raumsechsringe.

Die wahre Entfernung der Raumpunkte setzt sich zusammen aus

$\frac{7}{2}\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit 22°...), vermehrt um

$\frac{11}{7}\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit 102°...).

Sie ist mithin gleich $\frac{71}{14}\sqrt{3}$.

$$p_1 = \tfrac{71}{14}\sqrt{3}\,\sin 11^\circ\ldots = \frac{71}{3\cdot 14}$$

$$g_1 = \tfrac{71}{14}\sqrt{3}\,\cos 11^\circ\ldots = \frac{71}{3\cdot 14}\sqrt{26}$$

und

$$p_2 = \tfrac{71}{14}\sqrt{3}\,\sin 51^\circ\ldots = \frac{71}{2\cdot 9}\sqrt{3}$$

$$g_2 = \tfrac{71}{14}\sqrt{3}\,\cos 51^\circ\ldots = \frac{2\cdot 71}{7\cdot 9}\sqrt{6}.$$

$$DE_1 = 2p_2 = \tfrac{71}{9}\sqrt{3};\quad DE_2 = 2p_1 = \frac{2\cdot 71}{3\cdot 14}.$$

Diese Werte liefern folgende Systeme der Grundgleichungen:

I. $37 = -3\sqrt{78}\cos\alpha_1 - 3\sqrt{78}\cos\beta_1 - 156\sin\alpha_1\sin\beta_1 + 78\cos\alpha_1\cos\beta_1$

$37 = -3\sqrt{78}\cos\beta_1 - 3\sqrt{78}\cos\gamma_1 - 156\sin\beta_1\sin\gamma_1 + 78\cos\beta_1\cos\gamma_1$

$37 = -3\sqrt{78}\cos\gamma_1 - 3\sqrt{78}\cos\alpha_1 - 156\sin\gamma_1\sin\alpha_1 + 78\cos\gamma_1\cos\alpha_1.$

Die Auflösung liefert folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{1}{78}\sqrt{78} \pm \tfrac{7}{39}\sqrt{26}$$

$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{1}{26}\sqrt{78} \pm \tfrac{8}{39}\sqrt{39}$$

$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{1}{26}\sqrt{78} \pm \tfrac{8}{39}\sqrt{39}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{1}{78}\sqrt{78} \pm \tfrac{7}{39}\sqrt{39}$$
$$\cos\alpha_{15} = -\tfrac{1}{78}\sqrt{78} \pm \tfrac{1}{13}\sqrt{26}$$
$$\cos\alpha_{16} = \tfrac{1}{26}\cdot\tfrac{5}{3}\sqrt{78} \pm \tfrac{2}{3}\cdot$$

II. $$-101 = -28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 64\sin\alpha_2\sin\beta_2 + 32\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-101 = -28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 64\sin\beta_2\sin\gamma_2 + 32\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$-101 = -28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 64\sin\gamma_2\sin\alpha_2 + 32\cos\gamma_2\cos\alpha_2.$$

Die Auflösung ergibt:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{39}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{39}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{25} = -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{7}{8}\cdot\tfrac{3}{5}\sqrt{6} \pm \tfrac{2}{5}\cdot$$

## C. Die Raumachtringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I. $$17 = -3\sqrt{26}\cos\alpha_1 - 3\sqrt{26}\cos\beta_1 - 78\sin\alpha_1\sin\beta_1$$
$$17 = -3\sqrt{26}\cos\beta_1 - 3\sqrt{26}\cos\gamma_1 - 78\sin\beta_1\sin\gamma_1$$
$$17 = -3\sqrt{26}\cos\gamma_1 - 3\sqrt{26}\cos\delta_1 - 78\sin\gamma_1\sin\delta_1$$
$$17 = -3\sqrt{26}\cos\delta_1 - 3\sqrt{26}\cos\alpha_1 - 78\sin\delta_1\sin\alpha_1.$$

Die Auflösung liefert folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{1}{26}\sqrt{26} \pm \tfrac{7}{39}\sqrt{39}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{1}{26}\sqrt{26} \pm \tfrac{4}{39}\sqrt{78}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{1}{26}\sqrt{26} \pm \tfrac{4}{39}\sqrt{78}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{1}{26}\sqrt{26} \pm \tfrac{7}{39}\sqrt{39}$$
$$\cos\alpha_{15} = \pm\tfrac{9}{26}\sqrt{26} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\tfrac{17}{78}\sqrt{26} \pm 1.$$

II. $$-75 = -28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 32\sin\alpha_2\sin\beta_2$$
$$-75 = -28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 32\sin\beta_2\sin\gamma_2$$
$$-75 = -28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{6}\cos\delta_2 - 32\sin\gamma_2\sin\delta_2$$
$$-75 = -28\sqrt{6}\cos\delta_2 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 32\sin\delta_2\sin\alpha_2.$$

Die Auflösung liefert folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{78}$$

$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{78}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{25} = \pm\tfrac{9}{8}\sqrt{2} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{75}{56}\sqrt{2} \pm 1.$$

## D. Die Raumzwölfringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I.
$$31 = -3\sqrt{78}\cos\alpha_1 - 3\sqrt{78}\cos\beta_1 - 156\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 78\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$31 = -3\sqrt{78}\cos\beta_1 - 3\sqrt{78}\cos\gamma_1 - 156\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 78\cos\beta_1\cos\gamma_1$$
$$31 = -3\sqrt{78}\cos\gamma_1 - 3\sqrt{78}\cos\delta_1 - 156\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 78\cos\gamma_1\cos\delta_1$$
$$31 = -3\sqrt{78}\cos\delta_1 - 3\sqrt{78}\cos\varepsilon_1 - 156\sin\delta_1\sin\varepsilon_1 - 78\cos\delta_1\cos\varepsilon_1$$
$$31 = -3\sqrt{78}\cos\varepsilon_1 - 3\sqrt{78}\cos\eta_1 - 156\sin\varepsilon_1\sin\eta_1 - 78\cos\varepsilon_1\cos\eta_1$$
$$31 = -3\sqrt{78}\cos\eta_1 - 3\sqrt{78}\cos\alpha_1 - 156\sin\eta_1\sin\alpha_1 - 78\cos\eta_1\cos\alpha_1.$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{1}{26}\sqrt{78} \pm \tfrac{7}{39}\sqrt{78} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{1}{78}\sqrt{78} \pm \tfrac{8}{39}\sqrt{78}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{1}{78}\sqrt{78} \pm \tfrac{8}{39}\sqrt{78}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{1}{26}\sqrt{78} \pm \tfrac{7}{39}\sqrt{78} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{15} = \tfrac{1}{78}\sqrt{78} \pm \tfrac{3}{13}\sqrt{26} \quad \text{„}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\frac{1\cdot 47}{69\cdot 26}\sqrt{78} \pm \tfrac{22}{69}.$$

II.
$$-199 = -28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 64\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 32\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-199 = -28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 64\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 32\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$-199 = -28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{6}\cos\delta_2 - 64\sin\gamma_2\sin\delta_2 - 32\cos\gamma_2\cos\delta_2$$
$$-199 = -28\sqrt{6}\cos\delta_2 - 28\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 64\sin\delta_2\sin\varepsilon_2 - 32\cos\delta_2\cos\varepsilon_2$$
$$-199 = -28\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 28\sqrt{6}\cos\eta_2 - 64\sin\varepsilon_2\sin\eta_2 - 32\cos\varepsilon_2\cos\eta_2$$
$$-199 = -28\sqrt{6}\cos\eta_2 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 64\sin\eta_2\sin\alpha_2 - 32\cos\eta_2\cos\alpha_2.$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\left.\begin{aligned}
\cos\alpha_{21} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{22} &= -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{13}\\
\cos\alpha_{23} &= -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{13}\\
\cos\alpha_{24} &= \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{4}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{25} &= \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{26} &= \tfrac{7}{8}\cdot\tfrac{231}{115}\sqrt{6} \pm \tfrac{346}{115}
\end{aligned}\right\} \text{(imag.)}$$

**8. Die heterogenen Ringe mit den Winkeln 67°... und 148°...**

A. Der Raumvierring.

$$\cos\alpha_1 = -\frac{\sin 74^0\ldots}{\cos 33^0\ldots} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)}$$

$$\cos\alpha_2 = -\frac{\sin 33^0\ldots}{\cos 74^0\ldots} = -\tfrac{5}{6}\sqrt{6} \quad \text{„}$$

B. Die Raumsechsringe.

Die wahre Entfernung der Raumpunkte setzt sich zusammen aus

$\frac{11}{10}\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit 148°...)

und $2\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit 67°...).

Sie ist somit gleich $\frac{31}{10}\sqrt{3}$.

$$p_1 = \tfrac{31}{10}\sqrt{3}\,\sin 33^0\ldots = \frac{5\cdot 31}{9\cdot 10}\sqrt{3}$$

$$g_1 = \tfrac{31}{10}\sqrt{3}\,\cos 33^0\ldots = \tfrac{31}{45}\sqrt{42}$$

und

$$p_2 = \tfrac{31}{10}\sqrt{3}\,\sin 74^0\ldots = \tfrac{31}{6}$$

$$g_2 = \tfrac{31}{10}\sqrt{3}\,\cos 74^0\ldots = \tfrac{31}{30}\sqrt{2}.$$

$$DE_1 = 2p_2 = \tfrac{31}{3}; \quad DE_2 = 2p_1 = \tfrac{31}{9}\sqrt{3}.$$

Diese Werte liefern folgende Systeme der Grundgleichungen:

I. $$163 = -10\sqrt{42}\cos\alpha_1 - 10\sqrt{42}\cos\beta_1 - 112\sin\alpha_1\sin\beta_1 + 56\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$163 = -10\sqrt{42}\cos\beta_1 - 10\sqrt{42}\cos\gamma_1 - 112\sin\beta_1\sin\gamma_1 + 56\cos\beta_1\cos\gamma_1$$
$$163 = -10\sqrt{42}\cos\gamma_1 - 10\sqrt{42}\cos\alpha_1 - 112\sin\gamma_1\sin\alpha_1 + 56\cos\gamma_1\cos\alpha_1.$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{5}{14}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{5}{14}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{15} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\frac{10\cdot 275}{56\cdot 19}\sqrt{42} \pm \tfrac{238}{19} \quad \text{(imag.)}$$

II. $$13 = -15\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 15\sqrt{6}\cos\beta_2 - 12\sin\alpha_2\sin\beta_2 + 6\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$13 = -15\sqrt{6}\cos\beta_2 - 15\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 12\sin\beta_2\sin\gamma_2 + 6\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$13 = -15\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 15\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 12\sin\gamma_2\sin\alpha_2 + 6\cos\gamma_2\cos\alpha_2.$$

Die Auflösung liefert folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{5}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{3}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{5}{2}\sqrt{6} \pm \tfrac{4}{3}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{5}{2}\sqrt{6} \pm \tfrac{4}{3}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{5}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{3}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{25} = -\tfrac{5}{6}\sqrt{6} \pm 3\sqrt{2} \qquad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = -\tfrac{5}{2}\cdot\tfrac{19}{219}\sqrt{6} \pm \tfrac{238}{219}.$$

## C. Die Raumachtringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I. $$69 = -10\sqrt{14}\cos\alpha_1 - 10\sqrt{14}\cos\beta_1 - 56\sin\alpha_1\sin\beta_1$$
$$69 = -10\sqrt{14}\cos\beta_1 - 10\sqrt{14}\cos\gamma_1 - 56\sin\beta_1\sin\gamma_1$$
$$69 = -10\sqrt{14}\cos\gamma_1 - 10\sqrt{14}\cos\delta_1 - 56\sin\gamma_1\sin\delta_1$$
$$69 = -10\sqrt{14}\cos\delta_1 - 10\sqrt{14}\cos\alpha_1 - 56\sin\delta_1\sin\alpha_1.$$

Die Auflösung liefert folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{5}{14}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{5}{14}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{15} = \pm\tfrac{9}{28}\sqrt{14} \qquad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\tfrac{69}{140}\sqrt{14} \pm 1.$$

II. $$-31 = -15\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 15\sqrt{2}\cos\beta_2 - 6\sin\alpha_2\sin\beta_2$$
$$-31 = -15\sqrt{2}\cos\beta_2 - 15\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 6\sin\beta_2\sin\gamma_2$$
$$-31 = -15\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 15\sqrt{2}\cos\delta_2 - 6\sin\gamma_2\sin\delta_2$$
$$-31 = -15\sqrt{2}\cos\delta_2 - 15\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 6\sin\delta_2\sin\alpha_2.$$

Die Auflösung liefert folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{5}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{5}{3}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{5}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{2}{3}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{5}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{2}{3}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{5}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{5}{3}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{25} = \pm\tfrac{3}{2}\sqrt{6} \qquad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{31}{30}\sqrt{2} \pm 1.$$

## D. Die Raumzwölfringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I. $$113 = -10\sqrt{42}\cos\alpha_1 - 10\sqrt{42}\cos\beta_1 - 112\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 56\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$113 = -10\sqrt{42}\cos\beta_1 - 10\sqrt{42}\cos\gamma_1 - 112\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 56\cos\beta_1\cos\gamma_1$$

$$113 = -10\sqrt{42}\cos\gamma_1 - 10\sqrt{42}\cos\delta_1 - 112\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 56\cos\gamma_1\cos\delta_1$$
$$113 = -10\sqrt{42}\cos\delta_1 - 10\sqrt{42}\cos\varepsilon_1 - 112\sin\delta_1\sin\varepsilon_1 - 56\cos\delta_1\cos\varepsilon_1$$
$$113 = -10\sqrt{42}\cos\varepsilon_1 - 10\sqrt{42}\cos\eta_1 - 112\sin\varepsilon_1\sin\eta_1 - 56\cos\varepsilon_1\cos\eta_1$$
$$113 = -10\sqrt{42}\cos\eta_1 - 10\sqrt{42}\cos\alpha_1 - 112\sin\eta_1\sin\alpha_1 - 56\cos\eta_1\cos\alpha_1.$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\left.\begin{aligned}
\cos\alpha_{11} &= \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{5}{14}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{12} &= -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{7}\\
\cos\alpha_{13} &= -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{7}\\
\cos\alpha_{14} &= \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \mp \tfrac{5}{14}\sqrt{42}\\
\cos\alpha_{15} &= \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42}\\
\cos\alpha_{16} &= -\tfrac{15}{28}\sqrt{42} \pm 2
\end{aligned}\right\} \text{(imag.)}$$

II. $$-137 = -15\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 15\sqrt{6}\cos\beta_2 - 12\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 6\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-137 = -15\sqrt{6}\cos\beta_2 - 15\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 12\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 6\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$-137 = -15\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 15\sqrt{6}\cos\delta_2 - 12\sin\gamma_2\sin\delta_2 - 6\cos\gamma_2\cos\delta_2$$
$$-137 = -15\sqrt{6}\cos\delta_2 - 15\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 12\sin\delta_2\sin\varepsilon_2 - 6\cos\delta_2\cos\varepsilon_2$$
$$-137 = -15\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 15\sqrt{6}\cos\eta_2 - 12\sin\varepsilon_2\sin\eta_2 - 6\cos\varepsilon_2\cos\eta_2$$
$$-137 = -15\sqrt{6}\cos\eta_2 - 15\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 12\sin\eta_2\sin\alpha_1 - 6\cos\eta_2\cos\alpha_2.$$

Die Auflösung liefert folgende Werte:

$$\left.\begin{aligned}
\cos\alpha_{21} &= \tfrac{5}{2}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{3}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{22} &= -\tfrac{5}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{3}\sqrt{7}\\
\cos\alpha_{23} &= -\tfrac{5}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{3}\sqrt{7}\\
\cos\alpha_{24} &= \tfrac{5}{2}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{3}\sqrt{6}\\
\cos\alpha_{25} &= \tfrac{5}{6}\sqrt{6} \pm 3\sqrt{2}\\
\cos\alpha_{26} &= \tfrac{5}{2}\cdot\tfrac{143}{210}\sqrt{6} \pm \tfrac{362}{210}
\end{aligned}\right\} \text{(imag.)}$$

### 9. Die heterogenen Ringe mit den Winkeln $67^0\ldots$ und $109^0\ldots$

#### A. Der Raumvierring.

$$\cos\alpha_1 = -\frac{\sin 54^0\ldots}{\cos 33^0\ldots} = -\tfrac{3}{14}\sqrt{21} \quad \text{(reell)},$$

$$\cos\alpha_2 = -\frac{\sin 33^0\ldots}{\cos 54^0\ldots} = -\tfrac{5}{9}\sqrt{3} \quad \text{(reell)}.$$

#### B. Die Raumsechsringe.

Die wahre Entfernung der Raumpunkte dieser Ringe ist

$\frac{1}{2}\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit Winkel $109^0\ldots$), vermehrt um

$2\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit Winkel $67^0 \ldots$),

d. i. gleich $\frac{5}{2}\sqrt{3}$.

$$p_1 = \tfrac{5}{2}\sqrt{3} \sin 33^0 \ldots = \tfrac{25}{18}\sqrt{3}$$
$$g_1 = \tfrac{5}{2}\sqrt{3} \cos 33^0 \ldots = \tfrac{5}{9}\sqrt{42}$$

und

$$p_2 = \tfrac{5}{2}\sqrt{3} \sin 54^0 \ldots = \tfrac{5}{2}\sqrt{2}$$
$$g_2 = \tfrac{5}{2}\sqrt{3} \cos 54^0 \ldots = \tfrac{5}{2}.$$

$$DE_1 = 2p_2 = 5\sqrt{2}; \quad DE_2 = 2p_1 = \tfrac{25}{9}\sqrt{3}.$$

Daraus ergeben sich folgende Systeme der Grundgleichungen:

I. $$79 = -10\sqrt{42}\cos\alpha_1 - 10\sqrt{42}\cos\beta_1 - 112\sin\alpha_1\sin\beta_1 + 56\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$79 = -10\sqrt{42}\cos\beta_1 - 10\sqrt{42}\cos\gamma_1 - 112\sin\beta_1\sin\gamma_1 + 56\cos\beta_1\cos\gamma_1$$
$$79 = -10\sqrt{42}\cos\gamma_1 - 10\sqrt{42}\cos\alpha_1 - 112\sin\gamma_1\sin\alpha_1 + 56\cos\gamma_1\cos\alpha_1,$$

die befriedigt werden durch folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{7}\sqrt{7}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{7}\sqrt{7}$$
$$\cos\alpha_{15} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\tfrac{10}{56}\cdot\tfrac{135}{19}\sqrt{42} \pm \tfrac{154}{19} \quad \text{(imag.)}$$

II. $$-8 = -27\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 27\sqrt{6}\cos\beta_2 - 54\sin\alpha_2\sin\beta_2 + 27\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-8 = -27\sqrt{6}\cos\beta_2 - 27\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 54\sin\beta_2\sin\gamma_2 + 26\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$-8 = -27\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 27\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 54\sin\gamma_2\sin\alpha_2 + 27\cos\gamma_2\cos\alpha_2,$$

die befriedigt werden durch folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{1}{3}\sqrt{6} \pm \tfrac{10}{9}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\sqrt{6} \pm \tfrac{4}{3}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\sqrt{6} \pm \tfrac{4}{3}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{1}{3}\sqrt{6} \pm \tfrac{10}{9}$$
$$\cos\alpha_{25} = \tfrac{1}{3}\sqrt{6} \pm 2 \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = -\tfrac{19}{135}\sqrt{6} \pm \tfrac{154}{135}.$$

## C. Die Raumachtringe.

Die beiden Systeme der Gleichungen sind:

I. $$27 = -10\sqrt{14}\cos\alpha_1 - 10\sqrt{14}\cos\beta_1 - 56\sin\alpha_1\sin\beta_1$$
$$27 = -10\sqrt{14}\cos\beta_1 - 10\sqrt{14}\cos\gamma_1 - 56\sin\beta_1\sin\gamma_1$$

$$27 = -10\sqrt{14}\cos\gamma_1 - 10\sqrt{14}\cos\delta_1 - 56\sin\gamma_1\sin\delta_1$$
$$27 = -10\sqrt{14}\cos\delta_1 - 10\sqrt{14}\cos\alpha_1 - 56\sin\delta_1\sin\alpha_1,$$

die befriedigt werden durch folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{15} = \pm\tfrac{9}{28}\sqrt{14} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\tfrac{27}{140}\sqrt{14} \pm 1.$$

II. $$-31 = -27\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 27\sqrt{2}\cos\beta_2 - 27\sin\alpha_2\sin\beta_2$$
$$-31 = -27\sqrt{2}\cos\beta_2 - 27\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 27\sin\beta_2\sin\gamma_2$$
$$-31 = -27\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 27\sqrt{2}\cos\delta_2 - 27\sin\gamma_2\sin\delta_2$$
$$-31 = -27\sqrt{2}\cos\delta_2 - 27\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 27\sin\delta_2\sin\alpha_2,$$

die befriedigt werden durch folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \sqrt{2} \pm \tfrac{5}{9}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{9}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{9}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{24} = \sqrt{2} \pm \tfrac{5}{9}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{25} = \pm\sqrt{3} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{31}{54}\sqrt{2} \pm 1.$$

## D. Die Raumzwölfringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I. $$29 = -10\sqrt{42}\cos\alpha_1 - 10\sqrt{42}\cos\beta_1 - 112\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 56\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$29 = -10\sqrt{42}\cos\beta_1 - 10\sqrt{42}\cos\gamma_1 - 112\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 56\cos\beta_1\cos\gamma_1$$
$$29 = -10\sqrt{42}\cos\gamma_1 - 10\sqrt{42}\cos\delta_1 - 112\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 56\cos\gamma_1\cos\delta_1$$
$$29 = -10\sqrt{42}\cos\delta_1 - 10\sqrt{42}\cos\varepsilon_1 - 112\sin\delta_1\sin\varepsilon_1 - 56\cos\delta_1\cos\varepsilon_1$$
$$29 = -10\sqrt{42}\cos\varepsilon_1 - 10\sqrt{42}\cos\eta_1 - 112\sin\varepsilon_1\sin\eta_1 - 56\cos\varepsilon_1\cos\eta_1$$
$$29 = -10\sqrt{42}\cos\eta_1 - 10\sqrt{42}\cos\alpha_1 - 112\sin\eta_1\sin\alpha_1 - 56\cos\eta_1\cos\alpha_1,$$

die befriedigt werden durch folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{7}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{7}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{15} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = \tfrac{10}{19}\cdot\tfrac{27}{56}\sqrt{42} \pm \tfrac{46}{19}.$$

II. $$\begin{aligned}
-116 &= -27\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 27\sqrt{6}\cos\beta_2 - 54\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 27\cos\alpha_2\cos\beta_2\\
-116 &= -27\sqrt{6}\cos\beta_2 - 27\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 54\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 27\cos\beta_2\cos\gamma_2\\
-116 &= -27\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 27\sqrt{6}\cos\delta_2 - 54\sin\gamma_2\sin\delta_2 - 27\cos\gamma_2\cos\delta_2\\
-116 &= -27\sqrt{6}\cos\delta_2 - 27\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 54\sin\delta_2\sin\varepsilon_2 - 27\cos\delta_2\cos\varepsilon_2\\
-116 &= -27\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 27\sqrt{6}\cos\eta_2 - 54\sin\varepsilon_2\sin\eta_2 - 27\cos\varepsilon_2\cos\eta_2\\
-116 &= -27\sqrt{6}\cos\eta_2 - 27\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 54\sin\eta_2\sin\alpha_2 - 27\cos\eta_2\cos\alpha_2,
\end{aligned}$$

die befriedigt werden durch folgende Werte:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{21} &= \sqrt{6} \pm \tfrac{10}{9}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{22} &= -\tfrac{1}{3}\sqrt{6} \pm \tfrac{4}{3}\sqrt{14}\\
\cos\alpha_{23} &= -\tfrac{1}{3}\sqrt{6} \pm \tfrac{4}{3}\sqrt{14}\\
\cos\alpha_{24} &= \sqrt{6} \pm \tfrac{10}{9}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{25} &= \tfrac{1}{3}\sqrt{6} \pm 2\\
\cos\alpha_{26} &= \frac{143}{5\cdot 27}\sqrt{6} \pm \frac{278}{5\cdot 27}.
\end{aligned}$$

## 10. Die heterogenen Ringe mit den Winkeln $67^0\ldots$ und $70^0\ldots$

### A. Der Raumvierring.

$$\cos\alpha_1 = -\frac{\sin 35^0\ldots}{\cos 33^0\ldots} = -\tfrac{3}{28}\sqrt{42} \quad \text{(reell)},$$

$$\cos\alpha_2 = -\frac{\sin 33^0\ldots}{\cos 35^0\ldots} = -\tfrac{5}{18}\sqrt{6} \quad \text{(reell)}.$$

### B. Die Raumsechsringe.

Die wahre Entfernung der Raumpunkte dieser Ringe ist gleich der halben wahren Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit Winkel $70^0\ldots = \frac{1}{2}\sqrt{3}$, vermehrt um die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit Winkel $67^0\ldots = 2\sqrt{3}$;

mithin gleich $\frac{5}{2}\sqrt{3}$.

$$p_1 = \tfrac{5}{2}\sqrt{3}\,\sin 33^0\ldots = \tfrac{25}{18}\sqrt{3}$$

$$g_1 = \tfrac{5}{2}\sqrt{3}\,\cos 33^0\ldots = \tfrac{5}{9}\sqrt{42}$$

und

$$p_2 = \tfrac{5}{2}\sqrt{3}\,\sin 35^0\ldots = \tfrac{5}{2}$$

$$g_2 = \tfrac{5}{2}\sqrt{3}\,\cos 35^0\ldots = \tfrac{5}{2}\sqrt{2}.$$

$$DE_1 = 2p_2 = 5; \quad DE_2 = 2p_1 = \tfrac{25}{9}\sqrt{3}.$$

Daraus ergeben sich folgende Systeme der Grundgleichungen:

$$\text{I.}\quad -29 = -10\sqrt{42}\cos\alpha_1 - 10\sqrt{42}\cos\beta_1 - 112\sin\alpha_1\sin\beta_1 + 56\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$-29 = -10\sqrt{42}\cos\beta_1 - 10\sqrt{42}\cos\gamma_1 - 112\sin\beta_1\sin\gamma_1 + 56\cos\beta_1\cos\gamma_1$$
$$-29 = -10\sqrt{42}\cos\gamma_1 - 10\sqrt{42}\cos\alpha_1 - 112\sin\gamma_1\sin\alpha_1 + 56\cos\gamma_1\cos\alpha_1,$$

die befriedigt werden durch folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{7}\sqrt{21} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{7}\sqrt{21} \quad ,,$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{15} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\tfrac{10}{19}\cdot\tfrac{27}{56}\sqrt{42} \pm \tfrac{16}{19}\cdot$$

$$\text{II.}\quad -35 = -27\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 27\sqrt{6}\cos\beta_2 - 108\sin\alpha_2\sin\beta_2 + 54\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-35 = -27\sqrt{6}\cos\beta_2 - 27\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 108\sin\beta_2\sin\gamma_2 + 54\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$-35 = -27\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 27\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 108\sin\gamma_2\sin\alpha_2 + 54\cos\gamma_2\cos\alpha_2,$$

die befriedigt werden durch folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{1}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{9}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{1}{2}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{9}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{1}{2}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{9}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{1}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{9}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{25} = -\tfrac{1}{6}\sqrt{6} \pm \sqrt{2} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = -\tfrac{19}{54}\sqrt{6} \pm \tfrac{16}{27}\cdot$$

## C. Die Raumachtringe.

Die beiden Systeme der Gleichungen sind:

$$\text{I.}\quad -27 = -10\sqrt{14}\cos\alpha_1 - 10\sqrt{14}\cos\beta_1 - 56\sin\alpha_1\sin\beta_1$$
$$-27 = -10\sqrt{14}\cos\beta_1 - 10\sqrt{14}\cos\gamma_1 - 56\sin\beta_1\sin\gamma_1$$
$$-27 = -10\sqrt{14}\cos\gamma_1 - 10\sqrt{14}\cos\delta_1 - 56\sin\gamma_1\sin\delta_1$$
$$-27 = -10\sqrt{14}\cos\delta_1 - 10\sqrt{14}\cos\alpha_1 - 56\sin\delta_1\sin\alpha_1,$$

deren Auflösung folgende Werte ergibt:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{15} = \pm\tfrac{9}{28}\sqrt{14} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = \tfrac{27}{140}\sqrt{14} \pm 1.$$

II. $$\begin{aligned}
-31 &= -27\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 27\sqrt{2}\cos\beta_2 - 54\sin\alpha_2\sin\beta_2\\
-31 &= -27\sqrt{2}\cos\beta_2 - 27\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 54\sin\beta_2\sin\gamma_2\\
-31 &= -27\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 27\sqrt{2}\cos\delta_2 - 54\sin\gamma_2\sin\delta_2\\
-31 &= -27\sqrt{2}\cos\delta_2 - 27\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 54\sin\delta_2\sin\alpha_2,
\end{aligned}$$

deren Auflösung folgende Werte ergibt:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{21} &= \tfrac{1}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{5}{9}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{22} &= -\tfrac{1}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{2}{9}\sqrt{42}\\
\cos\alpha_{23} &= -\tfrac{1}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{2}{9}\sqrt{42}\\
\cos\alpha_{24} &= \tfrac{1}{2}\sqrt{2} \pm \tfrac{5}{9}\sqrt{3}\\
\cos\alpha_{25} &= \pm\tfrac{1}{2}\sqrt{6} \qquad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{26} &= \tfrac{3}{3}\tfrac{1}{4}\sqrt{2} \pm 1.
\end{aligned}$$

## D. Die Raumzwölfringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I. $$\begin{aligned}
-79 &= -10\sqrt{42}\cos\alpha_1 - 10\sqrt{42}\cos\beta_1 - 112\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 56\cos\alpha_1\cos\beta_1\\
-79 &= -10\sqrt{42}\cos\beta_1 - 10\sqrt{42}\cos\gamma_1 - 112\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 56\cos\beta_1\cos\gamma_1\\
-79 &= -10\sqrt{42}\cos\gamma_1 - 10\sqrt{42}\cos\delta_1 - 112\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 56\cos\gamma_1\cos\delta_1\\
-79 &= -10\sqrt{42}\cos\delta_1 - 10\sqrt{42}\cos\varepsilon_1 - 112\sin\delta_1\sin\varepsilon_1 - 56\cos\delta_1\cos\varepsilon_1\\
-79 &= -10\sqrt{42}\cos\varepsilon_1 - 10\sqrt{42}\cos\eta_1 - 112\sin\varepsilon_1\sin\eta_1 - 56\cos\varepsilon_1\cos\eta_1\\
-79 &= -10\sqrt{42}\cos\eta_1 - 10\sqrt{42}\cos\alpha_1 - 112\sin\eta_1\sin\alpha_1 - 56\cos\eta_1\cos\alpha_1,
\end{aligned}$$

deren Auflösung folgende Werte ergibt:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{11} &= \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42}\\
\cos\alpha_{12} &= -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{7}\sqrt{7}\\
\cos\alpha_{13} &= -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{7}\sqrt{7}\\
\cos\alpha_{14} &= \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42}\\
\cos\alpha_{15} &= \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42} \qquad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{16} &= \tfrac{10}{19}\cdot\tfrac{135}{56}\sqrt{42} \pm \tfrac{154}{19}.
\end{aligned}$$

II. $$\begin{aligned}
-89 &= -27\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 27\sqrt{6}\cos\beta_2 - 108\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 54\cos\alpha_2\cos\beta_2\\
-89 &= -27\sqrt{6}\cos\beta_2 - 27\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 108\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 54\cos\beta_2\cos\gamma_2\\
-89 &= -27\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 27\sqrt{6}\cos\delta_2 - 108\sin\gamma_2\sin\delta_2 - 54\cos\gamma_2\cos\delta_2\\
-89 &= -27\sqrt{6}\cos\delta_2 - 27\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 108\sin\delta_2\sin\varepsilon_2 - 54\cos\delta_2\cos\varepsilon_2\\
-89 &= -27\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 27\sqrt{6}\cos\eta_2 - 108\sin\varepsilon_2\sin\eta_2 - 54\cos\varepsilon_2\cos\eta_2\\
-89 &= -27\sqrt{6}\cos\eta_2 - 27\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 108\sin\eta_2\sin\alpha_2 - 54\cos\eta_2\cos\alpha_2,
\end{aligned}$$

deren Auflösung folgende Werte ergibt:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{1}{2}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{9}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{1}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{4}{9}\sqrt{7}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{1}{6}\sqrt{6} \pm \tfrac{4}{9}\sqrt{7}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{1}{2}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{9}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{25} = \tfrac{1}{6}\sqrt{6} \pm \sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{143}{54}\sqrt{6} \pm \tfrac{170}{27}.$$

**11. Die heterogenen Ringe mit den Winkeln $65^0\ldots$ und $67^0\ldots$**

A. Der Raumvierring.

$$\cos\alpha_1 = -\frac{\sin 33^0\ldots}{\cos 32^0\ldots} = -\tfrac{5}{57}\sqrt{57} \quad \text{(reell)},$$
$$\cos\alpha_2 = -\frac{\sin 32^0\ldots}{\cos 33^0\ldots} = -\tfrac{4}{7}\sqrt{21} \quad \text{(reell)}.$$

B. Die Raumsechsringe.

Die wahre Entfernung der Raumpunkte dieser Ringe ist gleich der halben wahren Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit $65^0\ldots = 2\sqrt{3}$, vermehrt um die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit $67^0\ldots = 2\sqrt{3}$;

demnach gleich $4\sqrt{3}$.

$$p_1 = 4\sqrt{3}\,\sin 32^0\ldots = \tfrac{8}{3}\sqrt{2}$$
$$g_1 = 4\sqrt{3}\,\cos 32^0\ldots = \tfrac{4}{3}\sqrt{19}$$

und

$$p_2 = 4\sqrt{3}\,\sin 33^0\ldots = \tfrac{20}{9}\sqrt{3}$$
$$g_2 = 4\sqrt{3}\,\cos 33^0\ldots = \tfrac{8}{9}\sqrt{42}.$$

$$DE_1 = 2p_2 = \tfrac{40}{9}\sqrt{3}; \quad DE_2 = 2p_1 = \tfrac{16}{3}\sqrt{2}.$$

Daraus ergeben sich folgende Systeme der Grundgleichungen:

$$\text{I.}\quad -38 = -6\sqrt{114}\cos\alpha_1 - 6\sqrt{114}\cos\beta_1 - 114\sin\alpha_1\sin\beta_1 + 57\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$-38 = -6\sqrt{114}\cos\beta_1 - 6\sqrt{114}\cos\gamma_1 - 114\sin\beta_1\sin\gamma_1 + 57\cos\beta_1\cos\gamma_1$$
$$-38 = -6\sqrt{114}\cos\gamma_1 - 6\sqrt{114}\cos\alpha_1 - 114\sin\gamma_1\sin\alpha_1 + 57\cos\gamma_1\cos\alpha_1,$$

deren Auflösung folgende Werte ergibt:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{2}{57}\sqrt{114} \pm \tfrac{10}{57}\sqrt{19}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{2}{19}\sqrt{114} \pm \tfrac{4}{57}\sqrt{14\cdot 57}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{2}{19}\sqrt{114} \pm \tfrac{4}{57}\sqrt{14\cdot 57}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{2}{57}\sqrt{114} \pm \tfrac{10}{57}\sqrt{19}$$
$$\cos\alpha_{15} = -\tfrac{2}{57}\sqrt{114} \pm \tfrac{6}{19}\sqrt{19}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\tfrac{2}{15}\sqrt{114} \pm \tfrac{34}{15}.$$

II. $-41 = -10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 112\sin\alpha_2\sin\beta_2 + 56\cos\alpha_2\cos\beta_2$

$-41 = -10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 112\sin\beta_2\sin\gamma_2 + 56\cos\beta_2\cos\gamma_2$

$-41 = -10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 112\sin\gamma_2\sin\alpha_2 + 56\cos\gamma_2\cos\alpha_2.$

Bei der Auflösung erhält man folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{2}{7}\sqrt{7}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{14\cdot 57}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{14\cdot 57}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{2}{7}\sqrt{7}$$
$$\cos\alpha_{25} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{26} = -\tfrac{1}{19}\cdot\tfrac{75}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{34}{19}.$$

## C. Die Raumachtringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I. $-31 = -6\sqrt{38}\cos\alpha_1 - 6\sqrt{38}\cos\beta_1 - 57\sin\alpha_1\sin\beta_1$

$-31 = -6\sqrt{38}\cos\beta_1 - 6\sqrt{38}\cos\gamma_1 - 57\sin\beta_1\sin\gamma_1$

$-31 = -6\sqrt{38}\cos\gamma_1 - 6\sqrt{38}\cos\delta_1 - 57\sin\gamma_1\sin\delta_1$

$-31 = -6\sqrt{38}\cos\delta_1 - 6\sqrt{38}\cos\alpha_1 - 57\sin\delta_1\sin\alpha_1.$

Bei der Auflösung erhält man folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{2}{19}\sqrt{38} \pm \tfrac{5}{57}\sqrt{114}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{2}{19}\sqrt{38} \pm \tfrac{4}{57}\sqrt{7\cdot 57}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{2}{19}\sqrt{38} \pm \tfrac{4}{57}\sqrt{7\cdot 57}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{2}{19}\sqrt{38} \pm \tfrac{5}{57}\sqrt{114}$$
$$\cos\alpha_{15} = \pm\tfrac{3}{19}\sqrt{57} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = \tfrac{1}{6}\cdot\tfrac{31}{38}\sqrt{38} \pm 1.$$

II. $-33 = -10\sqrt{14}\cos\alpha_2 - 10\sqrt{14}\cos\beta_2 - 56\sin\alpha_2\sin\beta_2$

$-33 = -10\sqrt{14}\cos\beta_2 - 10\sqrt{14}\cos\gamma_2 - 56\sin\beta_2\sin\gamma_2$

$-33 = -10\sqrt{14}\cos\gamma_2 - 10\sqrt{14}\cos\delta_2 - 56\sin\gamma_2\sin\delta_2$

$-33 = -10\sqrt{14}\cos\delta_2 - 10\sqrt{14}\cos\alpha_2 - 56\sin\delta_2\sin\alpha_2.$

Bei der Auflösung erhält man folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{7\cdot 57}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{7\cdot 57}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{25} = \pm\tfrac{9}{28}\sqrt{14} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{33}{140}\sqrt{14} \pm 1.$$

### D. Die Raumzwölfringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

$$
\begin{aligned}
\text{I.}\quad -86 &= -6\sqrt{114}\cos\alpha_1 - 6\sqrt{114}\cos\beta_1 - 114\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 57\cos\alpha_1\cos\beta_1\\
-86 &= -6\sqrt{114}\cos\beta_1 - 6\sqrt{114}\cos\gamma_1 - 114\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 57\cos\beta_1\cos\gamma_1\\
-86 &= -6\sqrt{114}\cos\gamma_1 - 6\sqrt{114}\cos\delta_1 - 114\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 57\cos\gamma_1\cos\delta_1\\
-86 &= -6\sqrt{114}\cos\delta_1 - 6\sqrt{114}\cos\varepsilon_1 - 114\sin\delta_1\sin\varepsilon_1 - 57\cos\delta_1\cos\varepsilon_1\\
-86 &= -6\sqrt{114}\cos\varepsilon_1 - 6\sqrt{114}\cos\eta_1 - 114\sin\varepsilon_1\sin\eta_1 - 57\cos\varepsilon_1\cos\eta_1\\
-86 &= -6\sqrt{114}\cos\eta_1 - 6\sqrt{114}\cos\alpha_1 - 114\sin\eta_1\sin\alpha_1 - 57\cos\eta_1\cos\alpha_1.
\end{aligned}
$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$
\begin{aligned}
\cos\alpha_{11} &= \tfrac{2}{19}\sqrt{114} \pm \tfrac{10}{57}\sqrt{57}\\
\cos\alpha_{12} &= -\tfrac{2}{57}\sqrt{114} \pm \tfrac{4}{57}\sqrt{14\cdot 19}\\
\cos\alpha_{13} &= -\tfrac{2}{57}\sqrt{114} \pm \tfrac{4}{57}\sqrt{14\cdot 19}\\
\cos\alpha_{14} &= \tfrac{2}{19}\sqrt{114} \pm \tfrac{10}{57}\sqrt{57}\\
\cos\alpha_{15} &= \tfrac{2}{57}\sqrt{114} \pm \tfrac{6}{19}\sqrt{19}\\
\cos\alpha_{16} &= \tfrac{2}{15}\cdot\tfrac{143}{19}\sqrt{114} \pm \tfrac{158}{15}.
\end{aligned}
$$

$$
\begin{aligned}
\text{II.}\quad -91 &= -10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 112\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 56\cos\alpha_2\cos\beta_2\\
-91 &= -10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 112\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 56\cos\beta_2\cos\gamma_2\\
-91 &= -10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 10\sqrt{42}\cos\delta_2 - 112\sin\gamma_2\sin\delta_2 - 56\cos\gamma_2\cos\delta_2\\
-91 &= -10\sqrt{42}\cos\delta_2 - 10\sqrt{42}\cos\varepsilon_2 - 112\sin\delta_2\sin\varepsilon_2 - 56\cos\delta_2\cos\varepsilon_2\\
-91 &= -10\sqrt{42}\cos\varepsilon_2 - 10\sqrt{42}\cos\eta_2 - 112\sin\varepsilon_2\sin\eta_2 - 56\cos\varepsilon_2\cos\eta_2\\
-91 &= -10\sqrt{42}\cos\eta_2 - 10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 112\sin\eta_2\sin\alpha_2 - 56\cos\eta_2\cos\alpha_2.
\end{aligned}
$$

Die Auflösung liefert folgende Werte:

$$
\begin{aligned}
\cos\alpha_{21} &= \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{7}\sqrt{21}\\
\cos\alpha_{22} &= -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{14\cdot 19}\\
\cos\alpha_{23} &= -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{14\cdot 19}\\
\cos\alpha_{24} &= \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{7}\sqrt{21}\\
\cos\alpha_{25} &= \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42}\\
\cos\alpha_{26} &= \tfrac{5}{4}\cdot\tfrac{21}{19}\sqrt{42} \pm \tfrac{166}{19}.
\end{aligned}
$$

## 12. Die heterogenen Ringe mit den Winkeln $38^0\ldots$ und $67^0\ldots$

### A. Der Raumvierring.

$$\cos\alpha_1 = -\frac{\sin 33^0\ldots}{\cos 19^0\ldots} = -\tfrac{5}{12}\sqrt{2} \quad \text{(reell)},$$

$$\cos\alpha_2 = -\frac{\sin 19^0\ldots}{\cos 33^0\ldots} = -\tfrac{3}{28}\sqrt{14} \quad \text{(reell)}.$$

## B. Die Raumsechsringe.

Die wahre Entfernung der Raumpunkte dieser Ringe ist gleich der halben wahren Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit $38^0 \ldots = 2\sqrt{3}$, vermehrt um die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit $67^0 \ldots = 2\sqrt{3}$;

demnach gleich $4\sqrt{3}$.

$$p_1 = 4\sqrt{3} \sin 19^0 \ldots = \tfrac{4}{3}\sqrt{3}$$
$$g_1 = 4\sqrt{3} \cos 19^0 \ldots = \tfrac{8}{3}\sqrt{6}$$

und

$$p_2 = 4\sqrt{3} \sin 33^0 \ldots = \tfrac{20}{9}\sqrt{3}$$
$$g_2 = 4\sqrt{3} \cos 33^0 \ldots = \tfrac{8}{9}\sqrt{42}.$$

$$DE_1 = 2p_2 = \tfrac{40}{9}\sqrt{3}; \quad DE_2 = 2p_1 = \tfrac{8}{3}\sqrt{3}.$$

Diese Werte liefern folgende Systeme der Grundgleichungen:

$$\text{I.} \quad -53 = -18\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 18\sqrt{6}\cos\beta_1 - 144\sin\alpha_1\sin\beta_1 + 72\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$-53 = -18\sqrt{6}\cos\beta_1 - 18\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 144\sin\beta_1\sin\gamma_1 + 72\cos\beta_1\cos\gamma_1$$
$$-53 = -18\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 18\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 144\sin\gamma_1\sin\alpha_1 + 72\cos\gamma_1\cos\alpha_1,$$

deren Auflösung folgende Werte liefert:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{1}{12}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{18}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{1}{4}\sqrt{6} \pm \tfrac{2}{3}\sqrt{7} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{1}{4}\sqrt{6} \pm \tfrac{2}{3}\sqrt{7} \quad \text{„}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{1}{12}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{18}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{15} = -\tfrac{1}{12}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{6} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = \tfrac{1}{10} \cdot \tfrac{19}{18}\sqrt{6} \pm \tfrac{26}{45}.$$

$$\text{II.} \quad -101 = -10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 112\sin\alpha_2\sin\beta_2 + 56\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-101 = -10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 112\sin\beta_2\sin\gamma_2 + 56\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$-101 = -10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 112\sin\gamma_2\sin\alpha_2 + 56\cos\gamma_2\cos\alpha_2,$$

deren Auflösung folgende Werte liefert:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{6}{7}\sqrt{7} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{6}{7}\sqrt{7} \quad \text{„}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{25} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{5}{28} \cdot \tfrac{45}{19}\sqrt{42} \pm \tfrac{26}{19}. \quad \text{„}$$

## C. Die Raumachtringe.

Die beiden Systeme der Gleichungen sind:

$$\text{I.}\quad \begin{aligned}
-31 &= -18\sqrt{2}\cos\alpha_1 - 18\sqrt{2}\cos\beta_1 - 72\sin\alpha_1\sin\beta_1\\
-31 &= -18\sqrt{2}\cos\beta_1 - 18\sqrt{2}\cos\gamma_1 - 72\sin\beta_1\sin\gamma_1\\
-31 &= -18\sqrt{2}\cos\gamma_1 - 18\sqrt{2}\cos\delta_1 - 72\sin\gamma_1\sin\delta_1\\
-31 &= -18\sqrt{2}\cos\delta_1 - 18\sqrt{2}\cos\alpha_1 - 72\sin\delta_1\sin\alpha_1.
\end{aligned}$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{11} &= \tfrac{1}{4}\sqrt{2} \pm \tfrac{5}{6}\\
\cos\alpha_{12} &= -\tfrac{1}{4}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{3}\sqrt{14}\\
\cos\alpha_{13} &= -\tfrac{1}{4}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{3}\sqrt{14}\\
\cos\alpha_{14} &= \tfrac{1}{4}\sqrt{2} \pm \tfrac{5}{6}\\
\cos\alpha_{15} &= \pm\tfrac{1}{2}\sqrt{2}\\
\cos\alpha_{16} &= \tfrac{3}{36}\sqrt{2} \pm 1.
\end{aligned}$$

$$\text{II.}\quad \begin{aligned}
-63 &= -10\sqrt{14}\cos\alpha_2 - 10\sqrt{14}\cos\beta_2 - 56\sin\alpha_2\sin\beta_2\\
-63 &= -10\sqrt{14}\cos\beta_2 - 10\sqrt{14}\cos\gamma_2 - 56\sin\beta_2\sin\gamma_2\\
-63 &= -10\sqrt{14}\cos\gamma_2 - 10\sqrt{14}\cos\delta_2 - 56\sin\gamma_2\sin\delta_2\\
-63 &= -10\sqrt{14}\cos\delta_2 - 10\sqrt{14}\cos\alpha_2 - 56\sin\delta_2\sin\alpha_2.
\end{aligned}$$

Die Auflösung ergiebt folgende Werte:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{21} &= \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{7}\\
\cos\alpha_{22} &= -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{3}{7}\sqrt{14}\\
\cos\alpha_{23} &= -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{3}{7}\sqrt{14}\\
\cos\alpha_{24} &= \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{7}\\
\cos\alpha_{25} &= \pm\tfrac{9}{28}\sqrt{14} \qquad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{26} &= \tfrac{9}{20}\sqrt{14} \pm 1.
\end{aligned}$$

## D. Die Raumzwölfringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

$$\text{I.}\quad \begin{aligned}
-71 &= -18\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 18\sqrt{6}\cos\beta_1 - 144\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 72\cos\alpha_1\cos\beta_1\\
-71 &= -18\sqrt{6}\cos\beta_1 - 18\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 144\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 72\cos\beta_1\cos\gamma_1\\
-71 &= -18\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 18\sqrt{6}\cos\delta_1 - 144\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 72\cos\gamma_1\cos\delta_1\\
-71 &= -18\sqrt{6}\cos\delta_1 - 18\sqrt{6}\cos\varepsilon_1 - 144\sin\delta_1\sin\varepsilon_1 - 72\cos\delta_1\cos\varepsilon_1\\
-71 &= -18\sqrt{6}\cos\varepsilon_1 - 18\sqrt{6}\cos\eta_1 - 144\sin\varepsilon_1\sin\eta_1 - 72\cos\varepsilon_1\cos\eta_1\\
-71 &= -18\sqrt{6}\cos\eta_1 - 18\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 144\sin\eta_1\sin\alpha_1 - 72\cos\eta_1\cos\alpha_1,
\end{aligned}$$

deren Lösungen sind:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{1}{4}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{6}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{1}{12}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{9}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{1}{12}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{9}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{1}{4}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{6}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{15} = \tfrac{1}{12}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{6} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\tfrac{143}{180}\sqrt{6} \pm \tfrac{98}{45}.$$

II. $$-151 = -10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 112\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 56\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-151 = -10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 112\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 56\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$-151 = -10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 10\sqrt{42}\cos\delta_2 - 112\sin\gamma_2\sin\delta_2 - 56\cos\gamma_2\cos\delta_2$$
$$-151 = -10\sqrt{42}\cos\delta_2 - 10\sqrt{42}\cos\varepsilon_2 - 112\sin\delta_2\sin\varepsilon_2 - 56\cos\delta_2\cos\varepsilon_2$$
$$-151 = -10\sqrt{42}\cos\varepsilon_2 - 10\sqrt{42}\cos\eta_2 - 112\sin\varepsilon_2\sin\eta_2 - 56\cos\varepsilon_2\cos\eta_2$$
$$-151 = -10\sqrt{42}\cos\eta_2 - 10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 112\sin\eta_2\sin\alpha_2 - 56\cos\eta_2\cos\alpha_2,$$

deren Lösungen sind:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{2}{7}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{2}{7}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{25} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{5}{28} \cdot \tfrac{207}{19}\sqrt{42} \pm \tfrac{226}{19}.$$

## 13. Die heterogenen Ringe mit den Winkeln 31°... und 67°...

### A. Der Raumvierring.

$$\cos\alpha_1 = -\frac{\sin 33^\circ\ldots}{\cos 15^\circ\ldots} = -\tfrac{1}{3}\sqrt{3} \quad \text{(reell)},$$

$$\cos\alpha_2 = -\frac{\sin 15^\circ\ldots}{\cos 33^\circ\ldots} = -\tfrac{1}{14}\sqrt{21} \quad \text{(reell)}.$$

### B. Die Raumsechsringe.

Die wahre Entfernung der Raumpunkte dieser Ringe ist gleich

$\frac{7}{2}\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit 31°...), vermehrt um

$2\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit 67°...);

somit gleich $\frac{11}{2}\sqrt{3}$.

$$p_1 = \tfrac{11}{2}\sqrt{3}\sin 15^\circ\ldots = \tfrac{11}{6}\sqrt{2}$$

$$g_1 = \tfrac{11}{2}\sqrt{3}\cos 15^\circ\ldots = \frac{5\cdot 11}{6}$$

und

$$p_2 = \tfrac{11}{2}\sqrt{3}\,\sin 33^0 \ldots = \frac{5\cdot 11}{2\cdot 9}\sqrt{3}$$

$$g_2 = \tfrac{11}{2}\sqrt{3}\,\cos 33^0 \ldots = \tfrac{11}{9}\sqrt{42}.$$

$$DE_1 = 2p_2 = \frac{5\cdot 11}{9}\sqrt{3}; \quad DE_2 = 2p_1 = \tfrac{11}{3}\sqrt{2}.$$

Diese Werte liefern folgende Systeme der Grundgleichungen:

I. $$\begin{aligned} -56 &= -15\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 15\sqrt{6}\cos\beta_1 - 150\sin\alpha_1\sin\beta_1 + 75\cos\alpha_1\cos\beta_1 \\ -56 &= -15\sqrt{6}\cos\beta_1 - 15\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 150\sin\beta_1\sin\gamma_1 + 75\cos\beta_1\cos\gamma_1 \\ -56 &= -15\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 15\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 150\sin\gamma_1\sin\alpha_1 + 75\cos\gamma_1\cos\alpha_1, \end{aligned}$$

deren Lösungen sind:

$$\begin{aligned} \cos\alpha_{11} &= \tfrac{1}{15}\sqrt{6} \pm \tfrac{2}{3} \\ \cos\alpha_{12} &= -\tfrac{1}{5}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{15}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)} \\ \cos\alpha_{13} &= -\tfrac{1}{5}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{15}\sqrt{42} \quad \text{„} \\ \cos\alpha_{14} &= \tfrac{1}{15}\sqrt{6} \pm \tfrac{2}{3} \\ \cos\alpha_{15} &= -\tfrac{1}{15}\sqrt{6} \pm \tfrac{6}{5} \quad \text{(imag.)} \\ \cos\alpha_{16} &= \tfrac{1}{15}\sqrt{6} \pm \tfrac{2}{3}. \end{aligned}$$

II. $$\begin{aligned} -113 &= -10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 112\sin\alpha_2\sin\beta_2 + 56\cos\alpha_2\cos\beta_2 \\ -113 &= -10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 112\sin\beta_2\sin\gamma_2 + 56\cos\beta_2\cos\gamma_2 \\ -113 &= -10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 112\sin\gamma_2\sin\alpha_2 + 56\cos\gamma_2\cos\alpha_2, \end{aligned}$$

deren Lösungen sind:

$$\begin{aligned} \cos\alpha_{21} &= \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{7} \\ \cos\alpha_{22} &= -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{5}{14}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)} \\ \cos\alpha_{23} &= -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{5}{14}\sqrt{42} \quad \text{„} \\ \cos\alpha_{24} &= \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{7} \\ \cos\alpha_{25} &= -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42} \\ \cos\alpha_{26} &= -\tfrac{15}{28}\sqrt{42} \pm 2 \quad \text{(imag.)} \end{aligned}$$

## C. Die Raumachtringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I. $$\begin{aligned} -31 &= -15\sqrt{2}\cos\alpha_1 - 15\sqrt{2}\cos\beta_1 - 75\sin\alpha_1\sin\beta_1 \\ -31 &= -15\sqrt{2}\cos\beta_1 - 15\sqrt{2}\cos\gamma_1 - 75\sin\beta_1\sin\gamma_1 \\ -31 &= -15\sqrt{2}\cos\gamma_1 - 15\sqrt{2}\cos\delta_1 - 75\sin\gamma_1\sin\delta_1 \\ -31 &= -15\sqrt{2}\cos\delta_1 - 15\sqrt{2}\cos\alpha_1 - 75\sin\delta_1\sin\alpha_1. \end{aligned}$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{1}{5}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{3}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{1}{3}\sqrt{2} \pm \tfrac{4}{15}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{1}{3}\sqrt{2} \pm \tfrac{4}{15}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{1}{5}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{3}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{15} = \pm\tfrac{3}{5}\sqrt{3} \qquad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = \tfrac{31}{30}\sqrt{2} \pm 1.$$

II. $$-69 = -10\sqrt{14}\cos\alpha_2 - 10\sqrt{14}\cos\beta_2 - 56\sin\alpha_2\sin\beta_2$$
$$-69 = -10\sqrt{14}\cos\beta_2 - 10\sqrt{14}\cos\gamma_2 - 56\sin\beta_2\sin\gamma_2$$
$$-69 = -10\sqrt{14}\cos\gamma_2 - 10\sqrt{14}\cos\delta_2 - 56\sin\gamma_2\sin\delta_2$$
$$-69 = -10\sqrt{14}\cos\delta_2 - 10\sqrt{14}\cos\alpha_2 - 56\sin\delta_2\sin\alpha_2.$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{5}{14}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{5}{14}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{25} = \pm\tfrac{9}{28}\sqrt{14} \qquad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{69}{140}\sqrt{14} \pm 1.$$

## D. Die Raumzwölfringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I. $$-68 = -15\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 15\sqrt{6}\cos\beta_1 - 150\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 75\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$-68 = -15\sqrt{6}\cos\beta_1 - 15\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 150\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 75\cos\beta_1\cos\gamma_1$$
$$-68 = -15\sqrt{6}\cos\gamma_1 - 15\sqrt{6}\cos\delta_1 - 150\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 75\cos\gamma_1\cos\delta_1$$
$$-68 = -15\sqrt{6}\cos\delta_1 - 15\sqrt{6}\cos\varepsilon_1 - 150\sin\delta_1\sin\varepsilon_1 - 75\cos\delta_1\cos\varepsilon_1$$
$$-68 = -15\sqrt{6}\cos\varepsilon_1 - 15\sqrt{6}\cos\eta_1 - 150\sin\varepsilon_1\sin\eta_1 - 75\cos\varepsilon_1\cos\eta_1$$
$$-68 = -15\sqrt{6}\cos\eta_1 - 15\sqrt{6}\cos\alpha_1 - 150\sin\eta_1\sin\alpha_1 - 75\cos\eta_1\cos\alpha_1,$$

deren Lösungen sind:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{1}{5}\sqrt{6} \pm \tfrac{2}{3}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{1}{15}\sqrt{6} \pm \tfrac{4}{15}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{1}{15}\sqrt{6} \pm \tfrac{4}{15}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{1}{5}\sqrt{6} \pm \tfrac{2}{3}\sqrt{3}$$
$$\cos\alpha_{15} = \tfrac{1}{15}\sqrt{6} \pm \tfrac{6}{5} \qquad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = \tfrac{1}{5}\cdot\tfrac{143}{57}\sqrt{6} \pm \tfrac{86}{57}.$$

II. $$-163 = -10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 112\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 56\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-163 = -10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 112\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 56\cos\beta_2\cos\gamma_2$$

$$-163 = -10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 10\sqrt{42}\cos\delta_2 - 112\sin\gamma_2\sin\delta_2 - 56\cos\gamma_2\cos\delta_2$$
$$-163 = -10\sqrt{42}\cos\delta_2 - 10\sqrt{42}\cos\varepsilon_2 - 112\sin\delta_2\sin\varepsilon_2 - 56\cos\delta_2\cos\varepsilon_2$$
$$-163 = -10\sqrt{42}\cos\varepsilon_2 - 10\sqrt{42}\cos\eta_2 - 112\sin\varepsilon_2\sin\eta_2 - 56\cos\varepsilon_2\cos\eta_2$$
$$-163 = -10\sqrt{42}\cos\eta_2 - 10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 112\sin\eta_2\sin\alpha_2 - 56\cos\eta_2\cos\alpha_2,$$

deren Lösungen sind:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{5}{14}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{5}{14}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{25} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{5}{19}\cdot\tfrac{21}{28}\sqrt{42} \pm \frac{7\cdot 17}{19}.$$

## 14. Die heterogenen Ringe mit den Winkeln 22°... und 67°...

### A. Der Raumvierring.

$$\cos\alpha_1 = -\frac{\sin 33^0\ldots}{\cos 11^0\ldots} = -\tfrac{5}{78}\sqrt{78} \quad \text{(reell)},$$
$$\cos\alpha_2 = -\frac{\sin 11^0\ldots}{\cos 33^0\ldots} = -\tfrac{1}{28}\sqrt{42} \quad \text{(reell)}.$$

### B. Die Raumsechsringe.

Die wahre Entfernung der Raumpunkte dieser Ringe ist gleich

$\frac{7}{2}\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit 22°...), vermehrt um

$2\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit 67°...);

somit gleich $\frac{11}{2}\sqrt{3}$.

$$p_1 = \tfrac{11}{2}\sqrt{3}\sin 11^0\ldots = \tfrac{11}{6}$$
$$g_1 = \tfrac{11}{2}\sqrt{3}\cos 11^0\ldots = \tfrac{11}{6}\sqrt{26}$$

und

$$p_2 = \tfrac{11}{2}\sqrt{3}\sin 33^0\ldots = \frac{5\cdot 11}{2\cdot 9}\sqrt{3}$$
$$g_2 = \tfrac{11}{2}\sqrt{3}\cos 33^0\ldots = \tfrac{11}{9}\sqrt{42}.$$
$$DE_1 = 2p_2 = \frac{5\cdot 11}{9}\sqrt{3}; \quad DE_2 = 2p_1 = \tfrac{11}{3}.$$

Diese Werte liefern folgende Systeme der Grundgleichungen:

I.
$$-59 = -3\sqrt{78}\cos\alpha_1 - 3\sqrt{78}\cos\beta_1 - 156\sin\alpha_1\sin\beta_1 + 78\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$-59 = -3\sqrt{78}\cos\beta_1 - 3\sqrt{78}\cos\gamma_1 - 156\sin\beta_1\sin\gamma_1 + 78\cos\beta_1\cos\gamma_1$$
$$-59 = -3\sqrt{78}\cos\gamma_1 - 3\sqrt{78}\cos\alpha_1 - 156\sin\gamma_1\sin\alpha_1 + 78\cos\gamma_1\cos\alpha_1,$$

deren Auflösung folgende Werte ergibt:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{11} &= \tfrac{1}{78}\sqrt{78} \pm \tfrac{5}{39}\sqrt{26}\\
\cos\alpha_{12} &= -\tfrac{1}{26}\sqrt{78} \pm \tfrac{1}{13}\sqrt{7\cdot 39}\\
\cos\alpha_{13} &= -\tfrac{1}{26}\sqrt{78} \pm \tfrac{1}{13}\sqrt{7\cdot 39}\\
\cos\alpha_{14} &= \tfrac{1}{78}\sqrt{78} \pm \tfrac{5}{39}\sqrt{26}\\
\cos\alpha_{15} &= -\tfrac{1}{78}\sqrt{78} \pm \tfrac{3}{13}\sqrt{26} \quad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{16} &= \tfrac{1}{26}\cdot\tfrac{19}{69}\sqrt{78} \pm \tfrac{50}{69}.
\end{aligned}$$

II. $$\begin{aligned}
-125 &= -10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 112\sin\alpha_2\sin\beta_2 + 56\cos\alpha_2\cos\beta_2\\
-125 &= -10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 112\sin\beta_2\sin\gamma_2 + 56\cos\beta_2\cos\gamma_2\\
-125 &= -10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 112\sin\gamma_2\sin\alpha_2 + 56\cos\gamma_2\cos\alpha_2.
\end{aligned}$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{21} &= \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{14}\\
\cos\alpha_{22} &= -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{7\cdot 39} \quad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{23} &= -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{7\cdot 39} \quad \text{„}\\
\cos\alpha_{24} &= \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{14}\\
\cos\alpha_{25} &= -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{26} &= -\tfrac{5}{28}\cdot\tfrac{69}{19}\sqrt{42} \pm \tfrac{50}{19}. \quad \text{„}
\end{aligned}$$

## C. Die Raumachtringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I. $$\begin{aligned}
-31 &= -3\sqrt{26}\cos\alpha_1 - 3\sqrt{26}\cos\beta_1 - 78\sin\alpha_1\sin\beta_1\\
-31 &= -3\sqrt{26}\cos\beta_1 - 3\sqrt{26}\cos\gamma_1 - 78\sin\beta_1\sin\gamma_1\\
-31 &= -3\sqrt{26}\cos\gamma_1 - 3\sqrt{26}\cos\delta_1 - 78\sin\gamma_1\sin\delta_1\\
-31 &= -3\sqrt{26}\cos\delta_1 - 3\sqrt{26}\cos\alpha_1 - 78\sin\delta_1\sin\alpha_1,
\end{aligned}$$

und deren Lösungen:

$$\begin{aligned}
\cos\alpha_{11} &= \tfrac{1}{26}\sqrt{26} \pm \tfrac{5}{39}\sqrt{39}\\
\cos\alpha_{12} &= -\tfrac{1}{26}\sqrt{26} \pm \tfrac{2}{39}\sqrt{7\cdot 78}\\
\cos\alpha_{13} &= -\tfrac{1}{26}\sqrt{26} \pm \tfrac{2}{39}\sqrt{7\cdot 78}\\
\cos\alpha_{14} &= \tfrac{1}{26}\sqrt{26} \pm \tfrac{5}{39}\sqrt{39}\\
\cos\alpha_{15} &= \pm\tfrac{3}{26}\sqrt{78} \quad \text{(imag.)}\\
\cos\alpha_{16} &= \tfrac{31}{78}\sqrt{26} \pm 1.
\end{aligned}$$

II. $$\begin{aligned}
-75 &= -10\sqrt{14}\cos\alpha_2 - 10\sqrt{14}\cos\beta_2 - 56\sin\alpha_2\sin\beta_2\\
-75 &= -10\sqrt{14}\cos\beta_2 - 10\sqrt{14}\cos\gamma_2 - 56\sin\beta_2\sin\gamma_2\\
-75 &= -10\sqrt{14}\cos\gamma_2 - 10\sqrt{14}\cos\delta_2 - 56\sin\gamma_2\sin\delta_2\\
-75 &= -10\sqrt{14}\cos\delta_2 - 10\sqrt{14}\cos\alpha_2 - 56\sin\delta_2\sin\alpha_2,
\end{aligned}$$

und deren Lösungen:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{7\cdot 78}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{7\cdot 78}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{25} = \pm\tfrac{9}{28}\sqrt{14} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{75}{140}\sqrt{14} \pm 1. \quad \text{„}$$

## D. Die Raumzwölfringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I.
$$-65 = -3\sqrt{78}\cos\alpha_1 - 3\sqrt{78}\cos\beta_1 - 156\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 78\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$-65 = -3\sqrt{78}\cos\beta_1 - 3\sqrt{78}\cos\gamma_1 - 156\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 78\cos\beta_1\cos\gamma_1$$
$$-65 = -3\sqrt{78}\cos\gamma_1 - 3\sqrt{78}\cos\delta_1 - 156\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 78\cos\gamma_1\cos\delta_1$$
$$-65 = -3\sqrt{78}\cos\delta_1 - 3\sqrt{78}\cos\varepsilon_1 - 156\sin\delta_1\sin\varepsilon_1 - 78\cos\delta_1\cos\varepsilon_1$$
$$-65 = -3\sqrt{78}\cos\varepsilon_1 - 3\sqrt{78}\cos\eta_1 - 156\sin\varepsilon_1\sin\eta_1 - 78\cos\varepsilon_1\cos\eta_1$$
$$-65 = -3\sqrt{78}\cos\eta_1 - 3\sqrt{78}\cos\alpha_1 - 156\sin\eta_1\sin\alpha_1 - 78\cos\eta_1\cos\alpha_1,$$

und deren Lösungen:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{1}{26}\sqrt{78} \pm \tfrac{5}{39}\sqrt{78}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{1}{78}\sqrt{78} \pm \tfrac{1}{39}\sqrt{7\cdot 13}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{1}{78}\sqrt{78} \pm \tfrac{1}{39}\sqrt{7\cdot 13}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{1}{26}\sqrt{78} \pm \tfrac{5}{39}\sqrt{78}$$
$$\cos\alpha_{15} = \tfrac{1}{78}\sqrt{78} \pm \tfrac{3}{13}\sqrt{26} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\tfrac{1}{2}\cdot\tfrac{11}{69}\sqrt{78} \pm \tfrac{71}{69}$$

II.
$$-175 = -10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 112\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 56\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-175 = -10\sqrt{42}\cos\beta_2 - 10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 112\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 56\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$-175 = -10\sqrt{42}\cos\gamma_2 - 10\sqrt{42}\cos\delta_2 - 112\sin\gamma_2\sin\delta_2 - 56\cos\gamma_2\cos\delta_2$$
$$-175 = -10\sqrt{42}\cos\delta_2 - 10\sqrt{42}\cos\varepsilon_2 - 112\sin\delta_2\sin\varepsilon_2 - 56\cos\delta_2\cos\varepsilon_2$$
$$-175 = -10\sqrt{42}\cos\varepsilon_2 - 10\sqrt{42}\cos\eta_2 - 112\sin\varepsilon_2\sin\eta_2 - 56\cos\varepsilon_2\cos\eta_2$$
$$-175 = -10\sqrt{42}\cos\eta_2 - 10\sqrt{42}\cos\alpha_2 - 112\sin\eta_2\sin\alpha_2 - 56\cos\eta_2\cos\alpha_2,$$

und deren Lösungen:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{7\cdot 13}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{7\cdot 13}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{14}\sqrt{42}$$
$$\cos\alpha_{25} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{5}{4}\cdot\tfrac{33}{19}\sqrt{42} \pm \tfrac{250}{19}.$$

## 15. Die heterogenen Ringe mit den Winkeln $67^0 \ldots$ und $102^0 \ldots$

### A. Der Raumvierring.

$$\cos \alpha_1 = -\frac{\sin 51^0 \ldots}{\cos 33^0 \ldots} = -\tfrac{1}{4}\sqrt{14} \quad \text{(reell)},$$

$$\cos \alpha_2 = -\frac{\sin 33^0 \ldots}{\cos 51^0 \ldots} = -\tfrac{5}{8}\sqrt{2} \quad \text{(reell)}.$$

### B. Die Raumsechsringe.

Die wahre Entfernung der Raumpunkte dieser Ringe ist gleich

$2\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit $67^0 \ldots$), vermehrt um

$\frac{1}{7}\sqrt{3}$ (die halbe wahre Entfernung der Raumpunkte in den homogenen Ringen mit $102^0 \ldots$);

somit gleich $\frac{25}{7}\sqrt{3}$.

$$p_1 = \tfrac{25}{7}\sqrt{3} \sin 33^0 \ldots = \tfrac{5}{9} \cdot \tfrac{25}{7}\sqrt{3}$$

$$g_1 = \tfrac{25}{7}\sqrt{3} \cos 33^0 \ldots = \tfrac{2}{9} \cdot \tfrac{25}{7}\sqrt{42}$$

und

$$p_2 = \tfrac{25}{7}\sqrt{3} \sin 51^0 \ldots = \tfrac{25}{9}\sqrt{3}$$

$$g_2 = \tfrac{25}{7}\sqrt{3} \cos 51^0 \ldots = \tfrac{1}{9} \cdot \tfrac{25}{7}\sqrt{6}.$$

$$DE_1 = 2p_2 = \frac{2 \cdot 25}{9}\sqrt{3}; \quad DE_2 = 2p_1 = \tfrac{10}{9} \cdot \tfrac{25}{7}\sqrt{3}.$$

Diese Werte liefern folgende Systeme der Grundgleichungen:

I. $59 = -10\sqrt{42} \cos \alpha_1 - 10\sqrt{42} \cos \beta_1 - 112 \sin \alpha_1 \sin \beta_1 + 56 \cos \alpha_1 \cos \beta_1$

$59 = -10\sqrt{42} \cos \beta_1 - 10\sqrt{42} \cos \gamma_1 - 112 \sin \beta_1 \sin \gamma_1 + 56 \cos \beta_1 \cos \gamma_1$

$59 = -10\sqrt{42} \cos \gamma_1 - 10\sqrt{42} \cos \alpha_1 - 112 \sin \gamma_1 \sin \alpha_1 + 56 \cos \gamma_1 \cos \alpha_1,$

und deren Lösungen:

$$\cos \alpha_{11} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{6}\sqrt{42}$$

$$\cos \alpha_{12} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{7}$$

$$\cos \alpha_{13} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{7}\sqrt{7}$$

$$\cos \alpha_{14} = \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{6}\sqrt{42}$$

$$\cos \alpha_{15} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)}$$

$$\cos \alpha_{16} = -\tfrac{5}{28} \cdot \tfrac{115}{119}\sqrt{42} \pm \tfrac{134}{119}.$$

II. $-13 = -28\sqrt{6} \cos \alpha_2 - 28\sqrt{6} \cos \beta_2 - 64 \sin \alpha_2 \sin \beta_2 + 32 \cos \alpha_2 \cos \beta_2$

$-13 = -28\sqrt{6} \cos \beta_2 - 28\sqrt{6} \cos \gamma_2 - 64 \sin \beta_2 \sin \gamma_2 + 32 \cos \beta_2 \cos \gamma_2$

$-13 = -28\sqrt{6} \cos \gamma_2 - 28\sqrt{6} \cos \alpha_2 - 64 \sin \gamma_2 \sin \alpha_2 + 32 \cos \gamma_2 \cos \alpha_2,$

deren Lösungen sind:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{12}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \sqrt{7}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \sqrt{7}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{12}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{25} = -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = -\tfrac{7}{8}\cdot\tfrac{19}{115}\sqrt{6} \pm \tfrac{134}{115}.$$

## C. Die Raumachtringe.

Die beiden Systeme der Grundgleichungen sind:

I.
$$17 = -10\sqrt{14}\cos\alpha_1 - 10\sqrt{14}\cos\beta_1 - 56\sin\alpha_1\sin\beta_1$$
$$17 = -10\sqrt{14}\cos\beta_1 - 10\sqrt{14}\cos\gamma_1 - 56\sin\beta_1\sin\gamma_1$$
$$17 = -10\sqrt{14}\cos\gamma_1 - 10\sqrt{14}\cos\delta_1 - 56\sin\gamma_1\sin\delta_1$$
$$17 = -10\sqrt{14}\cos\delta_1 - 10\sqrt{14}\cos\alpha_1 - 56\sin\delta_1\sin\alpha_1.$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{7}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{3}{7}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{3}{7}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{5}{28}\sqrt{14} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{7}$$
$$\cos\alpha_{15} = \pm\tfrac{9}{28}\sqrt{14} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\tfrac{17}{140}\sqrt{14} \pm 1.$$

II.
$$-31 = -28\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{2}\cos\beta_2 - 32\sin\alpha_2\sin\beta_2$$
$$-31 = -28\sqrt{2}\cos\beta_2 - 28\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 32\sin\beta_2\sin\gamma_2$$
$$-31 = -28\sqrt{2}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{2}\cos\delta_2 - 32\sin\gamma_2\sin\delta_2$$
$$-31 = -28\sqrt{2}\cos\delta_2 - 28\sqrt{2}\cos\alpha_2 - 32\sin\delta_2\sin\alpha_2.$$

Die Auflösung liefert folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{5}{4}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{7}{8}\sqrt{2} \pm \tfrac{5}{4}$$
$$\cos\alpha_{25} = \pm\tfrac{9}{8}\sqrt{2} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{31}{56}\sqrt{2} \pm 1.$$

## D. Die Raumzwölfringe.

Die beiden Systeme der Gleichungen sind:

I.
$$9 = -10\sqrt{42}\cos\alpha_1 - 10\sqrt{42}\cos\beta_1 - 112\sin\alpha_1\sin\beta_1 - 56\cos\alpha_1\cos\beta_1$$
$$9 = -10\sqrt{42}\cos\beta_1 - 10\sqrt{42}\cos\gamma_1 - 112\sin\beta_1\sin\gamma_1 - 56\cos\beta_1\cos\gamma_1$$

$$9 = -10\sqrt{42}\cos\gamma_1 - 10\sqrt{42}\cos\delta_1 - 112\sin\gamma_1\sin\delta_1 - 56\cos\gamma_1\cos\delta_1$$
$$9 = -10\sqrt{42}\cos\delta_1 - 10\sqrt{42}\cos\varepsilon_1 - 112\sin\delta_1\sin\varepsilon_1 - 56\cos\delta_1\cos\varepsilon_1$$
$$9 = -10\sqrt{42}\cos\varepsilon_1 - 10\sqrt{42}\cos\eta_1 - 112\sin\varepsilon_1\sin\eta_1 - 56\cos\varepsilon_1\cos\eta_1$$
$$9 = -10\sqrt{42}\cos\eta_1 - 10\sqrt{42}\cos\alpha_1 - 112\sin\eta_1\sin\alpha_1 - 56\cos\eta_1\cos\alpha_1.$$

Die Auflösung ergibt folgende Werte:

$$\cos\alpha_{11} = \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{12} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{4}{21}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{13} = -\tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{4}{21}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{14} = \tfrac{5}{28}\sqrt{42} \pm \tfrac{1}{2}\sqrt{14}$$
$$\cos\alpha_{15} = \tfrac{5}{84}\sqrt{42} \pm \tfrac{3}{14}\sqrt{42} \quad \text{(imag.)}$$
$$\cos\alpha_{16} = -\tfrac{5}{28}\cdot\tfrac{47}{19}\sqrt{42} \pm \tfrac{66}{19}.$$

II. $$-111 = -28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 64\sin\alpha_2\sin\beta_2 - 32\cos\alpha_2\cos\beta_2$$
$$-111 = -28\sqrt{6}\cos\beta_2 - 28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 64\sin\beta_2\sin\gamma_2 - 32\cos\beta_2\cos\gamma_2$$
$$-111 = -28\sqrt{6}\cos\gamma_2 - 28\sqrt{6}\cos\delta_2 - 64\sin\gamma_2\sin\delta_2 - 32\cos\gamma_2\cos\delta_2$$
$$-111 = -28\sqrt{6}\cos\delta_2 - 28\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 64\sin\delta_2\sin\varepsilon_2 - 32\cos\delta_2\cos\varepsilon_2$$
$$-111 = -28\sqrt{6}\cos\varepsilon_2 - 28\sqrt{6}\cos\eta_2 - 64\sin\varepsilon_2\sin\eta_2 - 32\cos\varepsilon_2\cos\eta_2$$
$$-111 = -28\sqrt{6}\cos\eta_2 - 28\sqrt{6}\cos\alpha_2 - 64\sin\eta_2\sin\alpha_2 - 32\cos\eta_2\cos\alpha_2.$$

Die Auflösung liefert folgende Werte:

$$\cos\alpha_{21} = \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{4}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{22} = -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{3}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{23} = -\tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{1}{3}\sqrt{21}$$
$$\cos\alpha_{24} = \tfrac{7}{8}\sqrt{6} \pm \tfrac{5}{4}\sqrt{2}$$
$$\cos\alpha_{25} = \tfrac{7}{24}\sqrt{6} \pm \tfrac{3}{4}\sqrt{6}$$
$$\cos\alpha_{26} = \tfrac{7}{8}\cdot\tfrac{143}{115}\sqrt{6} \pm \tfrac{258}{115}.$$

## Vergleichende Übersicht der untersuchten Ringe.

Anschließend sind wieder in der folgenden Tabelle die Werte der cos. der Rotationswinkel der in vorliegender Abhandlung mathematisch untersuchten Raumringe, bei denen die Rotationsaxen ebene reguläre (in den homogenen Ringen) oder halb reguläre (in den heterogenen Ringen) bilden, der Übersicht halber zusammengestellt.

Es ist daraus ohne weiteres ersichtlich, daß in den zweigliedrigen Ausdrücken das erste Glied bei demselben Winkel in den entsprechenden Ringen immer gleich ist, und daß das zweite Glied in den Ausdrücken für die heterogenen Ringe aus dem zweiten Glied in den Ausdrücken für die homogenen Ringe durch Multiplication mit einem Factor (in der Rubrik

## Zusammen

In den homogenen Ringen, bei denen die Rotationsaxen in einer Rotationswinkel folgende Werte:

| bei dem Kraftrichtungsschnitt-winkel: | 22⁰... | 34⁰... | 38⁰... | 65⁰... |
|---|---|---|---|---|
| für den Raumvierring | $-\frac{1}{26}\sqrt{26}$ | $-\frac{1}{8}\sqrt{2}$ | $-\frac{1}{4}\sqrt{2}$ | $-\frac{2}{19}\sqrt{38}$ |
| - Raumsechsring | $\frac{1}{78}\sqrt{78} - \frac{2}{78}\sqrt{78}$ | $\frac{1}{15}\sqrt{6} - \frac{2}{15}\sqrt{6}$ | $\frac{1}{12}\sqrt{6} - \frac{2}{12}\sqrt{6}$ | $\frac{3}{57}\sqrt{114} - \frac{4}{57}\sqrt{114}$ |
| - Raumachtring | $\frac{1}{26}\sqrt{26} - \frac{1}{13}\sqrt{13}$ | $\frac{1}{8}\sqrt{2} - \frac{3}{8}$ | $\frac{1}{4}\sqrt{2} - \frac{1}{2}$ | $\frac{2}{19}\sqrt{38} - \frac{4}{19}\sqrt{19}$ |
| - Raumzwölfring | $\frac{1}{26}\sqrt{78} - \frac{1}{13}\sqrt{26}$ | $\frac{1}{8}\sqrt{6} - \frac{3}{8}\sqrt{2}$ | $\frac{1}{4}\sqrt{6} - \frac{1}{2}\sqrt{2}$ | $\frac{2}{19}\sqrt{114} - \frac{4}{19}\sqrt{38}$ |

In den heterogenen Ringen, in denen die Rotationsaxen in einer die cos. der Rotationswinkel folgende Werte:

| Ringe aus den Winkeln: | Vierring kleinerer ∠ | $M$[1] | Vierring größerer ∠ | $M$ | Sechs- kleinerer ∠ |
|---|---|---|---|---|---|
| 10²⁰... und 148⁰... | $-\frac{5}{8}\sqrt{6}$ | $\frac{5}{7}\sqrt{3}$ | $-\frac{7}{6}\sqrt{6}$ | $\frac{7}{15}\sqrt{3}$ | $\frac{7}{24}\sqrt{6} - \frac{5}{4}\sqrt{2}$ |
| 10²⁰... - 109⁰... | $-\frac{3}{4}\sqrt{3}$ | $\frac{3}{7}\sqrt{6}$ | $-\frac{7}{9}\sqrt{3}$ | $\frac{7}{18}\sqrt{6}$ | $\frac{7}{24}\sqrt{6} - \frac{3}{2}$ |
| 70⁰... - 102⁰... | $-\frac{7}{18}\sqrt{6}$ | $\frac{7}{9}\sqrt{3}$ | $-\frac{3}{8}\sqrt{6}$ | $\frac{3}{7}\sqrt{3}$ | $\frac{1}{8}\sqrt{6} - \frac{7}{8}\sqrt{2}$ |
| 65⁰... - 102⁰... | $-\frac{7}{57}\sqrt{57}$ | $\frac{7}{12}\sqrt{6}$ | $-\frac{1}{2}\sqrt{3}$ | $\frac{2}{7}\sqrt{6}$ | $\frac{3}{57}\sqrt{114} - \frac{1}{57}\sqrt{114}$ |
| 38⁰... - 102⁰... | $-\frac{7}{12}\sqrt{2}$ | $\frac{7}{3}$ | $-\frac{3}{8}\sqrt{2}$ | $\frac{3}{7}$ | $\frac{1}{12}\sqrt{6} - \frac{7}{18}\sqrt{6}$ |
| 34⁰... - 102⁰... | $-\frac{7}{15}\sqrt{3}$ | $\frac{7}{6}\sqrt{6}$ | $-\frac{1}{4}\sqrt{3}$ | $\frac{1}{4}\sqrt{6}$ | $\frac{1}{15}\sqrt{6} - \frac{1}{15}$ |
| 22⁰... - 102⁰... | $-\frac{7}{78}\sqrt{78}$ | $\frac{7}{3}\sqrt{3}$ | $-\frac{1}{8}\sqrt{6}$ | $\frac{1}{7}\sqrt{3}$ | $\frac{1}{78}\sqrt{78} - \frac{1}{39}\sqrt{26}$ |
| 67⁰... - 148⁰... | $-\frac{5}{26}\sqrt{42}$ | $\sqrt{3}$ | $-\frac{5}{6}\sqrt{6}$ | $\frac{1}{3}\sqrt{3}$ | $\frac{5}{84}\sqrt{42} - \frac{5}{14}\sqrt{14}$ |
| 67⁰... - 109⁰... | $-\frac{3}{14}\sqrt{21}$ | $\frac{3}{5}\sqrt{6}$ | $-\frac{5}{8}\sqrt{3}$ | $\frac{5}{18}\sqrt{6}$ | $\frac{5}{84}\sqrt{42} - \frac{3}{7}\sqrt{7}$ |
| 67⁰... - 70⁰... | $-\frac{3}{26}\sqrt{42}$ | $\frac{3}{8}\sqrt{3}$ | $-\frac{5}{18}\sqrt{6}$ | $\frac{5}{8}\sqrt{3}$ | $\frac{5}{84}\sqrt{42} - \frac{3}{14}\sqrt{14}$ |
| 65⁰... - 67⁰... | $-\frac{5}{57}\sqrt{57}$ | $\frac{5}{12}\sqrt{6}$ | $-\frac{1}{7}\sqrt{21}$ | $\frac{2}{3}\sqrt{6}$ | $\frac{2}{57}\sqrt{114} - \frac{10}{57}\sqrt{19}$ |
| 38⁰... - 67⁰... | $-\frac{5}{12}\sqrt{2}$ | $\frac{5}{3}$ | $-\frac{3}{28}\sqrt{14}$ | $\frac{3}{8}$ | $\frac{1}{12}\sqrt{6} - \frac{1}{18}\sqrt{6}$ |
| 34⁰... - 67⁰... | $-\frac{1}{3}\sqrt{3}$ | $\frac{8}{7}\sqrt{6}$ | $-\frac{1}{14}\sqrt{21}$ | $\frac{1}{8}\sqrt{6}$ | $\frac{1}{15}\sqrt{6} - \frac{2}{3}$ |
| 22⁰... - 67⁰... | $-\frac{5}{78}\sqrt{78}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{3}$ | $-\frac{1}{28}\sqrt{42}$ | $\frac{1}{28}\sqrt{3}$ | $\frac{1}{78}\sqrt{78} - \frac{5}{39}\sqrt{26}$ |
| 67⁰... - 10²⁰... | $-\frac{1}{3}\sqrt{14}$ | $\frac{7}{5}$ | $-\frac{5}{8}\sqrt{2}$ | $\frac{5}{7}$ | $\frac{5}{84}\sqrt{42} - \frac{1}{6}\sqrt{42}$ |

[1]) $M$ = Multiplicationsfactor.

**stellung.**

Ebene liegen und reguläre Polygone bilden, fanden wir für die cos. der

| $67^0\ldots$ | $70^0\ldots$ | $102^0\ldots$ | $109^0\ldots$ | $148^0\ldots$ |
|---|---|---|---|---|
| $-\frac{5}{28}\sqrt{14}$ | $-\frac{1}{2}\sqrt{2}$ | $-\frac{7}{8}\sqrt{2}$ | $-\sqrt{2}$ | $-\frac{5}{2}\sqrt{2}$ |
| $\frac{5}{84}\sqrt{42}-\frac{5}{42}\sqrt{42}$ | $\frac{1}{6}\sqrt{6}-\frac{1}{3}\sqrt{6}$ | $\frac{7}{24}\sqrt{6}-\frac{7}{12}\sqrt{6}$ | $\frac{1}{3}\sqrt{6}-\frac{2}{3}\sqrt{6}$ | $\frac{5}{6}\sqrt{6}-\frac{10}{6}\sqrt{6}$ |
| $\frac{5}{28}\sqrt{14}-\frac{5}{14}\sqrt{7}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{2}-1$ | $\frac{7}{8}\sqrt{2}-\frac{7}{4}$ | $\sqrt{2}-2$ | $\frac{5}{2}\sqrt{2}-5$ |
| $\frac{5}{28}\sqrt{42}-\frac{5}{14}\sqrt{14}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{6}-\sqrt{2}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{6}-\frac{7}{4}\sqrt{2}$ | $\sqrt{6}-2\sqrt{2}$ | $\frac{5}{2}\sqrt{5}-5\sqrt{2}$ |

Ebene liegen, aber nur halbregelmäßige Polygone bilden, fanden wir für

| ring | Achtring | | Zwölfring | |
|---|---|---|---|---|
| größerer $\measuredangle$ | kleinerer $\measuredangle$ | größerer $\measuredangle$ | kleinerer $\measuredangle$ | größerer $\measuredangle$ |
| $\frac{5}{6}\sqrt{6}-\frac{7}{3}\sqrt{2}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{2}-\frac{5}{4}\sqrt{3}$ | $\frac{5}{2}\sqrt{2}-\frac{7}{3}\sqrt{3}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{6}-\frac{5}{4}\sqrt{6}$ | $\frac{5}{2}\sqrt{6}-\frac{7}{3}\sqrt{6}$ |
| $\frac{1}{3}\sqrt{6}-\frac{1}{9}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{2}-\frac{3}{4}\sqrt{6}$ | $\sqrt{2}-\frac{7}{9}\sqrt{6}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{6}-\frac{3}{2}\sqrt{3}$ | $\sqrt{6}-\frac{14}{9}\sqrt{3}$ |
| $\frac{7}{24}\sqrt{6}-\frac{3}{4}\sqrt{2}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{2}-\frac{7}{9}\sqrt{3}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{2}-\frac{3}{4}\sqrt{3}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{6}-\frac{7}{9}\sqrt{6}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{6}-\frac{3}{4}\sqrt{6}$ |
| $\frac{7}{24}\sqrt{6}-1$ | $\frac{2}{19}\sqrt{38}-\frac{7}{57}\sqrt{114}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{2}-\frac{1}{2}\sqrt{6}$ | $\frac{2}{19}\sqrt{114}-\frac{14}{57}\sqrt{57}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{6}-\sqrt{3}$ |
| $\frac{7}{24}\sqrt{6}-\frac{1}{4}\sqrt{6}$ | $\frac{1}{4}\sqrt{2}-\frac{7}{6}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{2}-\frac{3}{4}$ | $\frac{1}{4}\sqrt{6}-\frac{7}{6}\sqrt{2}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{6}-\frac{3}{4}\sqrt{2}$ |
| $\frac{7}{24}\sqrt{6}-\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{8}\sqrt{2}-\frac{7}{15}\sqrt{6}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{2}-\frac{1}{4}\sqrt{6}$ | $\frac{1}{8}\sqrt{6}-\frac{14}{15}\sqrt{3}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{6}-\frac{1}{2}\sqrt{3}$ |
| $\frac{7}{24}\sqrt{6}-\frac{1}{4}\sqrt{2}$ | $\frac{1}{26}\sqrt{26}-\frac{7}{39}\sqrt{39}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{2}-\frac{1}{4}\sqrt{3}$ | $\frac{1}{26}\sqrt{78}-\frac{7}{39}\sqrt{78}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{6}-\frac{1}{4}\sqrt{6}$ |
| $\frac{5}{6}\sqrt{6}-\frac{5}{3}\sqrt{2}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{14}-\frac{5}{14}\sqrt{21}$ | $\frac{5}{2}\sqrt{2}-\frac{5}{3}\sqrt{3}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{42}-\frac{5}{14}\sqrt{42}$ | $\frac{5}{2}\sqrt{6}-\frac{5}{3}\sqrt{6}$ |
| $\frac{1}{3}\sqrt{6}-\frac{10}{9}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{14}-\frac{3}{14}\sqrt{42}$ | $\sqrt{2}-\frac{5}{9}\sqrt{6}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{42}-\frac{3}{14}\sqrt{21}$ | $\sqrt{6}-\frac{10}{9}\sqrt{3}$ |
| $\frac{1}{6}\sqrt{6}-\frac{5}{9}\sqrt{2}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{14}-\frac{3}{14}\sqrt{21}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{2}-\frac{5}{9}\sqrt{3}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{42}-\frac{3}{14}\sqrt{42}$ | $\frac{1}{2}\sqrt{6}-\frac{5}{9}\sqrt{6}$ |
| $\frac{5}{84}\sqrt{42}-\frac{2}{7}\sqrt{7}$ | $\frac{2}{19}\sqrt{38}-\frac{5}{57}\sqrt{114}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{14}-\frac{1}{7}\sqrt{42}$ | $\frac{2}{19}\sqrt{114}-\frac{10}{57}\sqrt{57}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{42}-\frac{2}{7}\sqrt{21}$ |
| $\frac{5}{84}\sqrt{42}-\frac{1}{14}\sqrt{42}$ | $\frac{1}{4}\sqrt{2}-\frac{5}{6}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{14}-\frac{3}{14}\sqrt{7}$ | $\frac{1}{4}\sqrt{6}-\frac{5}{6}\sqrt{2}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{42}-\frac{3}{14}\sqrt{14}$ |
| $\frac{5}{84}\sqrt{42}-\frac{1}{7}\sqrt{7}$ | $\frac{1}{5}\sqrt{2}-\frac{1}{3}\sqrt{6}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{14}-\frac{1}{14}\sqrt{42}$ | $\frac{1}{5}\sqrt{6}-\frac{2}{3}\sqrt{3}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{42}-\frac{1}{7}\sqrt{21}$ |
| $\frac{5}{84}\sqrt{42}-\frac{1}{14}\sqrt{14}$ | $\frac{1}{26}\sqrt{26}-\frac{5}{39}\sqrt{39}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{14}-\frac{1}{14}\sqrt{21}$ | $\frac{1}{26}\sqrt{78}-\frac{5}{39}\sqrt{78}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{42}-\frac{1}{4}\sqrt{42}$ |
| $\frac{7}{24}\sqrt{6}-\frac{5}{12}\sqrt{6}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{14}-\frac{1}{2}\sqrt{7}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{2}-\frac{5}{4}$ | $\frac{5}{28}\sqrt{42}-\frac{1}{2}\sqrt{14}$ | $\frac{7}{8}\sqrt{6}-\frac{5}{4}\sqrt{2}$ |

unter $M$ angeführt) entsteht. Wieder stehen diese Multiplicationsfactoren für die zwei Rotationswinkel in einem und demselben heterogenen Ring unter sich im reciproken Verhältnis.

Als Radicand tritt zu den in der vorhergehenden Abhandlung hervorgehobenen Primzahlen 13 und 19 resp. deren Zwei-, Drei- oder Sechsfachem neu die Primzahl 7 resp. wiederum deren Zwei-, Drei oder Sechsfaches hinzu. In einigen Ausdrücken für die cos. der Rotationswinkel der weniger symmetrischen Ringe erscheint noch das Product der einfachen Primzahlen und ebenfalls dessen Zwei-, Drei- und Sechsfaches. Die einfachen Primzahlen 7, 13, 19 sind die Glieder einer Reihe, in der die Differenz zweier aufeinanderfolgender Glieder constant gleich 6 ist.

Wie in den Ausdrücken für die cos. der Rotationswinkel die Primzahlen eine wichtige, wenn nicht die charakteristischste Rolle spielen, so lehrt ein Blick auf die Grundgleichungen, daß in ihnen die Primzahlen allgemein von ausschlaggebender, ja von ausschließlicher Bedeutung sind.

Das mathematische Resultat macht den Aufbau der krystallographischen Punktsysteme auf der anfangs gemachten Voraussetzung äußerst wahrscheinlich und führt weiter zu dem Schluß, daß der Baustein selbst ein Elementarbaustein im eigentlichen Sinne des Wortes ist.

# XX. Directe tabellarische Ablesung der Netzdichtigkeiten der Krystallflächen[1]).

Von

**W. J. Sokolow und D. N. Artemiew.**

**Nebst Ergänzungsbemerkungen.**

Von

**E. S. von Fedorow.**

(Mit 7 Textfiguren und einer Tabelle.)

---

Herr Prof. E. S. von Fedorow hat in seiner Arbeit »Abbildung der Krystallstructur mittelst Vectorialkreise«[2]) eine graphische Methode vorgeschlagen, um die reticuläre Dichtigkeitsgröße (resp. deren Quadrat) zu bestimmen. Jedermann, der diese Methode benutzt hat, weiß, daß dabei einige, übrigens sehr einfache, graphische Hilfsoperationen nötig sind, welche aber für ihre Ausführung einige Zeit in Anspruch nehmen. Der vorliegende Aufsatz soll zeigen, wie die Aufgabe ohne Anwendung dieser Operationen gelöst wird.

Nach der Methode des Herrn Fedorow wird auf Grund der gnomostereographischen Projection das Diagramm des polaren Raumgitters zusammengestellt. In diesem Diagramm sind die Punkte des polaren Raumgitters durch Vectorialkreise dargestellt, deren Centra die Fußpunkte der aus den darzustellenden Punkten auf die Zeichnungsebene gefällten Perpendikel und deren Radien die Entfernungsgrößen derselben Punkte von der Zeichnungsebene sind.

Bekanntlich ist die Centraldistanz $d$ jedes nächsten Punktes auf dem respectiven Strahle des Polargitters der reticulären Dichtigkeit der Fläche des Complexes umgekehrt proportional und läßt sich aus dem eben erwähnten Diagramm auf begreifliche Weise graphisch bestimmen.

---

1) Übersetzt aus den Annalen des Berginstituts zu St. Petersburg 1909, II, 333.

2) Ann. des Berginstituts zu St. Petersburg 1908, I, 279.

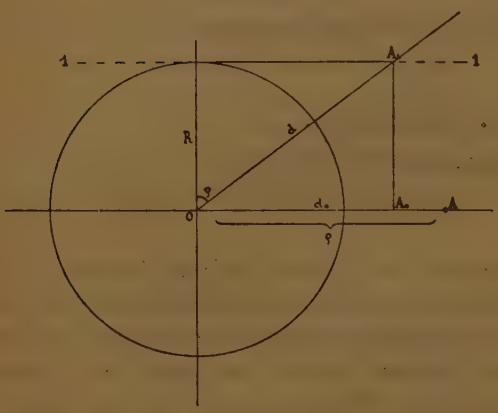
Demnach wird $D$, das Quadrat der genannten Dichtigkeit in $d$, durch die Formel

$$D = \frac{1}{d^2}$$

ausgedrückt (der Einfachheit wegen wurde diese Formel in der Fedorowschen Arbeit durch die respective Curve dargestellt).

Die für die Zusammenstellung des erwähnten Diagramms auf Grund der gegebenen gnomostereographischen Projection nötige Construction kann erspart werden, wenn man beachtet, daß $d$, folglich auch $D$, eine Function der sphärischen Coordinate $\varrho$ der betreffenden Complexfläche ist, welche an der gnomostereographischen Projection direct abgelesen wird.

Fig. 1.




Es sei (Fig. 1) $A$ der Pol einer Fläche; es sei ferner $O$ das Centrum und folglich $OA$ die Coordinatengröße $\varrho$, $R$ der Radius des die Fläche $A$ darstellenden Vectorialkreises, welcher, wie erwähnt, der Entfernung der nächsten parallelen Fläche gleich ist. Es sei 1___1 die der Geraden $OA$ parallele Tangente des Vectorialkreises, $R$ der perpendiculäre Radius, ferner $OA_1$ die unter dem Winkel $\varrho$ zu $R$ gezogene Gerade und $A_0$ die gerade Projection von $A_1$.

Nun ist begreiflich, daß $OA_1$ die der Fläche $A$ zugeordnete Strecke $d_1$ ausdrückt. Bezeichnen wir $OA_0$ durch $d_0$, dann ist

$$d_1 = \frac{R}{\cos \varrho} \quad \text{und} \quad d_0 = R \operatorname{tg} \varrho \tag{1}$$

und folglich wird das Quadrat $D_1$ der reticulären Dichtigkeit der Fläche $A$ durch

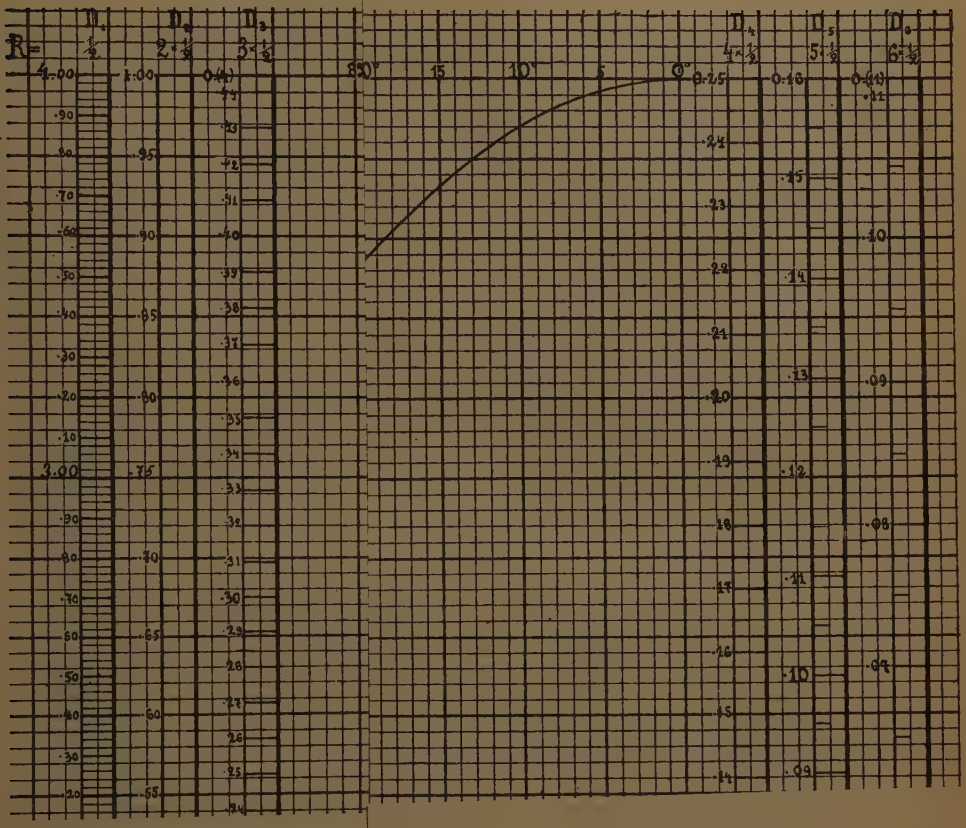
$$D_1 = \frac{1}{d^2} = \frac{\cos^2 \varrho}{R^2} \tag{2}$$

ausgedrückt.

Befindet sich $A$ nicht auf der nächsten, sondern auf der zweiten parallelen reticulären Fläche, so muß in (1) $R$ durch $2R$, auf der dritten durch $3R$ usw. ersetzt werden.

Dementsprechend wird auch die Größe $D_1$ in (2) respective durch $D_2 = \frac{\cos^2 \varrho}{4R^2}$; $D_3 = \frac{\cos^2 \varrho}{9R^2}$ ... ersetzt.

er Krystallflächen.



Beachtet man, daß in (2) die Größe $\varrho$ allein die veränderliche ist, so wird ersichtlich, wie einfach dadurch die Function $D$ zum Ausdruck kommt.

Diese Function ist graphisch durch eine Curve darzustellen, wobei für die Abscissen die Winkelgrößen $\varrho$ angenommen werden, wie dies in der beigehefteten Tafel geschehen ist.

Die Ordinatengrößen $D$ nehmen für die Zahlenreihe $R = \frac{1}{2}$; $2 \times \frac{1}{2}$; $3 \times \frac{1}{2}$; $4 \times \frac{1}{2}$; $5 \times \frac{1}{2}$; $6 \times \frac{1}{2}$ verschiedene Bedeutung an, welche in den links und rechts angedeuteten Zahlenreihen angegeben ist, und welche durch die respectiven Formeln

$$D_1 = 4 \cos^2 \varrho$$
$$D_2 = \cos^2 \varrho$$
$$D_3 = \tfrac{4}{9} \cos^2 \varrho$$
$$D_4 = \tfrac{1}{4} \cos^2 \varrho$$
$$D_5 = \tfrac{4}{25} \cos^2 \varrho$$
$$D_6 = \tfrac{1}{9} \cos^2 \varrho$$
$$\ldots\ldots\ldots$$

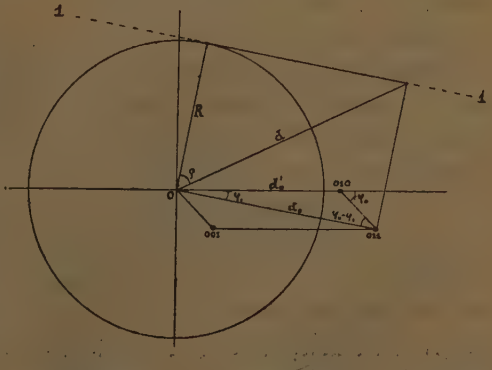
zum Ausdruck kommt.

Zum Beispiel bei $\varrho = 0^0$, $R = \frac{1}{2}$ und bei der ersten nächsten Fläche als Ordinate wird die Zahl 4, für die zweite Fläche die Zahl 1, für die dritte die Zahl $\frac{4}{9} = 0$, (4) usw. abgelesen.

Für die Flächen der Verticalzone ist $\varrho = 90^0$ und folglich verliert (2) ihre Gültigkeit.

Für diese Flächen, welche im polaren Raumgitter durch die Punkte der Zeichnungsebene repräsentiert werden, kann die Größe der reticulären Dichtigkeiten mittelst einfacher Formeln aus der Größe der Dichtigkeit derjenigen Flächen berechnet werden, welche durch die nächsten Punkte der Perpendikel zu (001) (resp. 1000, 111) vertreten sind. Im Folgenden nennen wir solche Flächen die »bestimmenden« für die respectiven Flächen der verticalen Zone. Der eine solche Fläche vertretende Punkt liegt in der nächsten reticulären Ebene des polaren Raumgitters, wenn der Krystall ein tetragonaloïder resp. einer des hypohexagonalen Typus ist, und in der dritten Ebene für die trigonaloïden Krystalle.

Fig. 2.




Es sei (Fig. 2) $O$ das Centrum des Diagramms und die Punkte (010), (001) und (011) die Centra der die respectiven Flächen repräsentierenden Vectorialkreise eines tetragonaloïden triklinen Krystalles; also ist der Radius $R$ dieser Kreise gleich der Entfernung der nächsten parallelen Reticulärfläche.

Man ersieht sogleich, daß

$$d_0' = d_0 \frac{\sin(\varphi_0 - \varphi_1)}{\sin \varphi_0}, \tag{3}$$

wo $d_0'$ die Centralstrecke von (010) (durch den Punktkreis repräsentiert)

$d_0$ die Centralstrecke von (011),

$\varphi_0$ und $\varphi_1$ die in der Figur angegebenen Winkel.

Da $d_0 = R \operatorname{tang} \varrho$, so folgt aus (3): $d_0' = \frac{R \operatorname{tang} \varrho \sin(\varphi_0 - \varphi)}{\sin \varphi_0}$ und für das Quadrat der reticulären Dichtigkeit von (010) erhalten wir

$$D_0 = \frac{1}{(d_0')^2} = \frac{\sin^2 \varphi_0}{R^2 \operatorname{tang}^2 \varrho \sin^2(\varphi_0 - \varphi_1)} = \frac{\operatorname{cotg}^2 \varrho \sin^2 \varphi_0}{R^2 \sin^2(\varphi_0 - \varphi_1)}. \tag{4}$$

Speciell für die monoklinen Krystalle ist

$$\varphi_0 = 90^0 \quad \text{und} \quad D_0 = \frac{\operatorname{cotg}^2 \varrho}{R^2 \cos^2 \varphi_1}$$

und für die rhombischen, tetragonalen und kubischen

$$\varphi_0 = 90^0, \quad \varphi_1 = 0^0; \quad D_0 = \frac{\operatorname{cotg}^2 \varrho}{R^2}. \tag{5}$$

Diese Formel (5) ist auch für sämtliche Flächen der Verticalzone gültig, woraus zu ersehen ist, daß für die Bestimmung der Größen der reticulären Dichtigkeit ebenfalls die Kenntnis der Coordinate $\varrho$ der »bestimmenden« Fläche allein hinreicht. Es ist klar, daß für jede Fläche $(pq0)$ die bestimmende die Fläche $(pq1)$ ist.

Für die Krystalle des hypohexagonalen Typus ist jeder Fläche $(0pq\ q—p)$ als die bestimmende die Fläche $(1pq\ q—p)$ zugeordnet.

Was die Krystalle der monoklinen und triklinen Syngonie anbetrifft, so läßt sich ein besonderes graphisches Verfahren gebrauchen, mittelst dessen die Formel (5) auch für sie zur Geltung kommt.

Dieses Verfahren besteht in der Ausführung einer besonderen Verschiebung, welche den Complex in den rhombischen überführt. Als Ebene dieser Verschiebung dient bekanntlich die Zeichnungsebene; die Verschiebungsrichtung und Größe werden dadurch bestimmt, daß der Perpendikel auf (001) in die verticale Lage kommt.

Die tetragonaloïden Complexe von rhombischer und höherer Syngonieart werden in der gnomostereographischen Projection so aufgestellt, daß der Pol einer zur zweizähligen Symmetrieaxe perpendiculären Fläche durch das Centrum repräsentiert wird.

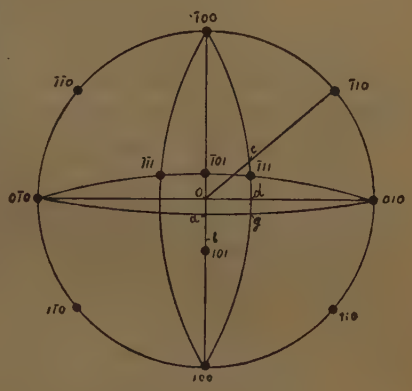
Nun ist klar, daß die Pole einer Fläche $(pq0)$ und der bestimmenden Fläche $(pq1)$ in einen Durchmesser kommen und somit auch die Formel (5) Gültigkeit erhält. Dieselbe Formel gilt auch für die monoklinen Krystalle

wenn die Winkelgröße $\varrho$ nicht aus dem Centrum, sondern aus dem Pole der zweizähligen Symmetrieaxe abgelesen wird.

Die Winkelgröße läßt sich jedoch wie gewöhnlich (von dem Centrum ab) ablesen, wenn man die eben erwähnte Verschiebung ausführt, denn auch in diesem Falle kommt der Pol der Fläche der verticalen Zone zusammen mit dem Pol der bestimmenden Fläche in einen Durchmesser.

In Fig. 3 ist beispielsweise das gnomostereographische Diagramm des monoklinen Benzylphtalisoimids[1]) angegeben. Nach der Ausführung der erwähnten Verschiebung kommt der Punkt $a$ (001) in das Centrum, der Punkt ($\bar{1}11$) in die Lage des Punktes $c$, welcher schon mit ($\bar{1}10$) in einem Durchmesser liegt. Natürlich bleibt dabei die Größe der reticulären Dichtigkeit der Verschiebungsfläche selbst unverändert, aber die Winkelgröße für ($\bar{1}11$) wird eine andere.

Fig. 3.




Für die Anwendung der Formel (5) ist eben diese veränderte Größe von $\varrho$ in Rechnung zu bringen.

Aber auch die anderen Flächenpole ändern dabei ihre Lage in der Projection, wie z. B. der Pol von (101) die Lage des Punktes $b$ annimmt; und auch hier sind die neuen Größen von $\varrho$ in Rechnung zu stellen; also die Dichtigkeitsgröße von (100) wird jetzt einfach cotang $ob$.

Da in den triklinen Krystallen keine zweizählige Symmetrieaxe vorhanden ist, so ist es unentbehrlich, die zugehörige Verschiebung auszuführen, welche einen der Flächenpole (001), (010) oder (100) in die zu den beiden anderen perpendiculäre Lage bringt; und dann gilt dasselbe Verfahren wie für die monoklinen Krystalle.

Zum Zwecke der einfachsten Ausführung dieser Verschiebung empfiehlt es sich die vorliegende gnomostereographische Projection so zu orientieren, daß z. B. der Pol von (001) in den verticalen Durchmesser kommt; dann bewegen sich bei dieser Verschiebung sämtliche andere Flächenpaare auf denjenigen Meridianen des stereographischen Netzes, welche durch den vorderen und hinteren Hauptpol des Netzes hindurchgehen.

Natürlich gilt dasselbe auch für die Krystalle des hypohexagonalen Typus, wenn z. B. (001) durch (1000) ersetzt wird.

Aber für die trigonaloïden Krystalle stellt sich die Sachlage etwas anders, weil die eine Fläche der verticalen Zone [111] bestimmende Fläche

1) Diese Zeitschr. **40**, 374.

in dem polaren Raumgitter die Lage in der dritten, und nicht in der ersten Netzebene einnimmt. Die Indices dieser Fläche sind aber sehr leicht zu bestimmen. Denken wir uns in der Fig. 4 das Diagramm des polaren Raumgitters in dem einfachsten Falle der trigonalen Hyposyngonie. Ihre, die Flächen der Verticalzone darstellenden Punkte liegen sämtlich auf der Nullebene (Zeichnungsebene), welche zugleich das Projectionscentrum enthält, welchem wir die Indices (000) zuschreiben mögen; jeder Fläche dieser Zone sind die Indices zugeordnet, deren Summe gleich Null ist. Der nächste im Centrum zu projicierende Punkt stellt die Fläche (111) dar und liegt in der dritten Netzebene (Fig. 5 stellt den Verticalschnitt nach (000)—(11$\bar{2}$) dar), und jedem Netzpunkte dieser Ebene kommt die Indicessumme 3 zu. Also wenn wir aus den Indices einer Fläche der Verticalzone, welche durch einen Punkt in der Nullebene vertreten ist, die Indices des nächsten sich in diesem Punkte projicierenden Netzpunktes bestimmen wollen, so ist nur nötig, jeden derselben um eins zu vergrößern, und die Gesamtsumme der neuen Indices erhält die Größe 3.

Fig. 4.

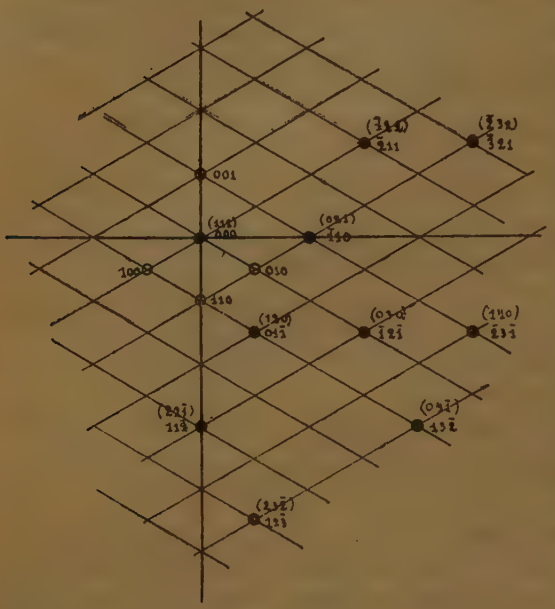
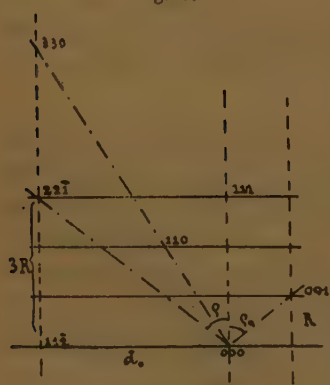



Fig. 5.




Nun ist zugleich ersichtlich, daß die betreffende (bestimmende) Fläche mit der angenommenen Fläche der Verticalzone und der Fläche (111) in eine Zone kommt. Z. B. ist die für (11$\bar{2}$) bestimmende Fläche die Fläche (22$\bar{1}$); die für ($\bar{1}$10) bestimmende Fläche die Fläche (021) usf. (In der Fig. 4 sind die bestimmenden der Flächen der Verticalzone durch Zufügung von Klammern unterschieden).

Gesucht sei die Dichtigkeitsgröße der Fläche (11$\bar{2}$). Ihre bestimmende

Fläche ist $(22\bar{1})$, und die ihr zugehörige sphärische Coordinate $\varrho$ wird aus dem Diagramm abgelesen. Dann finden wir (Fig. 5), daß die Strecke $d_0 = 3R \operatorname{tg} \varrho$ und folglich

$$D_0 = \frac{1}{{d_0}^2} = \frac{1}{9R^2 \operatorname{tg}^2 \varrho} = \frac{\operatorname{ctg}^2 \varrho}{9R^2}. \qquad (6)^1)$$

Bei $R = 1$ ist $D_0 = \frac{\operatorname{ctg}^2 \varrho}{9}$. (6′)

Bei $R = \frac{1}{2}$ ist $D_0 = \frac{4}{9} \operatorname{ctg}^2 \varrho$. (6″)

Für die trigonaloïden Krystalle der monoklinen und triklinen Syngonie lassen sich die analogen Betrachtungen anwenden, wie für die tetragonaloïden derselben Syngoniearten. In diesem Falle läßt sich für die monoklinen Krystalle ebenfalls die Verschiebung ausführen, welche den Flächenpol (111) in das Centrum der gnomostereographischen Projection bringt; für den triklinen Krystall ist aber eine vorläufige Änderung in der Orientierung der Projection nötig, damit der Flächenpol (111) in den Hauptdurchmesser fällt. Die Winkelgrößen $\varrho$ der bestimmenden Flächen sind diejenigen, welche in die Formel (6) einzusetzen sind.

Nun sehen wir, daß für die sämtlichen Complexe sich die Dichtigkeitsgrößen nach den Formeln berechnen lassen, in welchen als beständige Function $\operatorname{ctg}^2 \varrho$ vertreten ist mit einem Coëfficienten $R$, welcher eigentlich in unserem Belieben steht und am einfachsten zu 1 oder $\frac{1}{2}$ angenommen wird. Gemäß dieser Annahme lassen sich die Tabellen für die Größe $D_0$ als Function von $\varrho$ aufstellen. Eine solche Tabelle ist hier wiedergegeben.

**Tabelle**

für die Dichtigkeitsgrößen der Flächen der verticalen Zone.

| $\alpha$ | $\operatorname{cotg}^2 \alpha$ | $\frac{4}{9} \operatorname{cotg}^2 \alpha$ | $4 \operatorname{cotg}^2 \alpha_1$ | $\frac{4}{9} \operatorname{cotg}^2 \alpha_1$ | $\operatorname{cotg}^2 \alpha_1$ | $\alpha_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $0^0\,00'$ | $\infty$ | $\infty$ | 0,00 | 0,00 | 0,00 | $90^0\,00'$ |
| $30'$ | 13130,56 | 5835,80 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | $30'$ |
| $1^0\,00'$ | 3282,14 | 1458,73 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | $89^0\,00'$ |
| $30'$ | 1458,36 | 648,16 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | $30'$ |
| $2^0\,00'$ | 820,04 | 346,46 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | $88^0\,00'$ |
| $30'$ | 524,58 | 233,15 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | $30'$ |
| $3^0\,00'$ | 364,09 | 161,82 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | $87^0\,00'$ |
| $30'$ | 267,32 | 118,81 | 0,01 | 0,00 | 0,00 | $30'$ |
| $4^0\,00'$ | 204,51 | 90,89 | 0,02 | 0,00 | 0,00 | $86^0\,00'$ |
| $30'$ | 161,45 | 71,76 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | $30'$ |
| $5^0\,00'$ | 130,65 | 58,07 | 0,03 | 0,00 | 0,01 | $85^0\,00'$ |
| $\alpha$ | $\operatorname{tang}^2 \alpha_1$ | $\frac{4}{9} \operatorname{tang}^2 \alpha_1$ | $4 \operatorname{tang}^2 \alpha$ | $\frac{4}{9} \operatorname{tang}^2 \alpha$ | $\operatorname{tang}^2 \alpha$ | $\alpha_1$ |

1) Die Dichtigkeitsgrößen solcher Flächen wie $(11\bar{2})$, deren Flächenpole in eine der Hauptzonen, hier in die Zone $(111):(001)$, fallen, ist auch mittelst der Winkelgröße $\varrho_0$ für (001) zu bestimmen, denn, wie aus der Fig. 5 ersichtlich, ist $\varrho_0 = \varrho$.

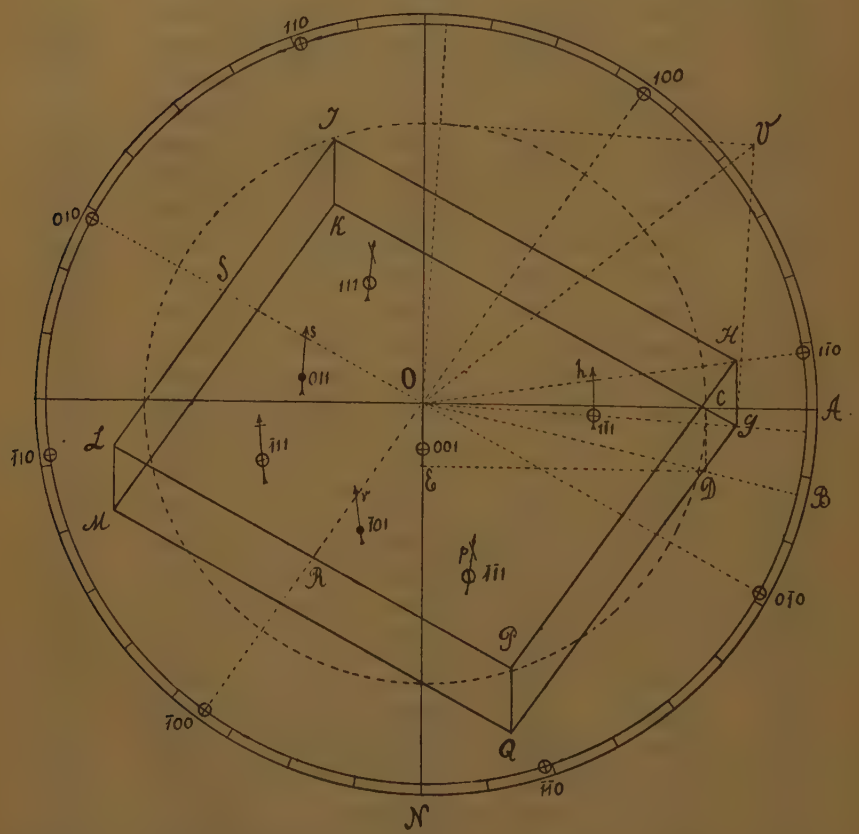
| $\alpha$ | $\cot g^2 \alpha$ | $\frac{1}{4}\cot g^2 \alpha$ | $4 \cot g^2 \alpha_1$ | $\frac{1}{4}\cot g^2 \alpha_1$ | $\cot g^2 \alpha_1$ | $\alpha_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $5^0{}_{30}'$ | 107,86 | 47,94 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | $85^0{}_{30}'$ |
| $6^0{}_{00}'$ | 90,52 | 40,23 | 0,04 | 0,00 | 0,01 | $84^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 77,03 | 34,24 | 0,05 | 0,01 | 0,01 | $30'$ |
| $7^0{}_{00}'$ | 66,33 | 29,48 | 0,06 | 0,01 | 0,01 | $83^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 57,70 | 25,64 | 0,07 | 0,01 | 0,02 | $30'$ |
| $8^0{}_{00}'$ | 50,63 | 22,50 | 0,08 | 0,01 | 0,02 | $82^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 44,77 | 19,90 | 0,09 | 0,01 | 0,02 | $30'$ |
| $9^0{}_{00}'$ | 39,86 | 17,72 | 0,10 | 0,01 | 0,02 | $81^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 35,71 | 15,87 | 0,11 | 0,01 | 0,03 | $30'$ |
| $10^0{}_{00}'$ | 32,16 | 14,29 | 0,12 | 0,01 | 0,03 | $80^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 29,11 | 12,94 | 0,14 | 0,02 | 0,03 | $30'$ |
| $11^0{}_{00}'$ | 26,47 | 11,76 | 0,15 | 0,02 | 0,04 | $79^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 24,16 | 10,74 | 0,16 | 0,02 | 0,04 | $30'$ |
| $12^0{}_{00}'$ | 22,13 | 9,84 | 0,18 | 0,02 | 0,04 | $78^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 20,35 | 9,04 | 0,19 | 0,02 | 0,05 | $30'$ |
| $13^0{}_{00}'$ | 18,76 | 8,34 | 0,21 | 0,02 | 0,05 | $77^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 17,35 | 7,71 | 0,23 | 0,03 | 0,06 | $30'$ |
| $14^0{}_{00}'$ | 16,09 | 7,15 | 0,25 | 0,03 | 0,06 | $76^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 14,95 | 6,65 | 0,27 | 0,03 | 0,07 | $30'$ |
| $15^0{}_{00}'$ | 13,93 | 6,19 | 0,29 | 0,03 | 0,07 | $75^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 13,00 | 5,78 | 0,31 | 0,03 | 0,08 | $30'$ |
| $16^0{}_{00}'$ | 12,16 | 5,41 | 0,33 | 0,04 | 0,08 | $74^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 11,40 | 5,07 | 0,35 | 0,04 | 0,09 | $30'$ |
| $17^0{}_{00}'$ | 10,70 | 4,75 | 0,37 | 0,04 | 0,09 | $73^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 10,06 | 4,47 | 0,40 | 0,04 | 0,10 | $30'$ |
| $18^0{}_{00}'$ | 9,47 | 4,21 | 0,42 | 0,05 | 0,11 | $72^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 8,93 | 3,97 | 0,45 | 0,05 | 0,11 | $30'$ |
| $19^0{}_{00}'$ | 8,43 | 3,75 | 0,47 | 0,05 | 0,12 | $71^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 7,97 | 3,54 | 0,50 | 0,06 | 0,13 | $30'$ |
| $20^0{}_{00}'$ | 7,55 | 3,35 | 0,53 | 0,06 | 0,13 | $70^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 7,15 | 3,18 | 0,56 | 0,06 | 0,14 | $30'$ |
| $21^0{}_{00}'$ | 6,79 | 3,02 | 0,59 | 0,07 | 0,15 | $69^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 6,44 | 2,86 | 0,62 | 0,07 | 0,15 | $30'$ |
| $22^0{}_{00}'$ | 6,13 | 2,72 | 0,65 | 0,07 | 0,16 | $68^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 5,83 | 2,59 | 0,68 | 0,08 | 0,17 | $30'$ |
| $23^0{}_{00}'$ | 5,55 | 2,47 | 0,72 | 0,08 | 0,18 | $67^0{}_{00}'$ |
| $30'$ | 5,29 | 2,35 | 0,75 | 0,08 | 0,19 | $30'$ |
| $\alpha$ | $\tan g^2 \alpha_1$ | $\frac{1}{4}\tan g^2 \alpha_1$ | $4 \tan g^2 \alpha$ | $\frac{1}{4}\tan g^2 \alpha$ | $\tan g^2 \alpha$ | $\alpha_1$ |

| $\alpha$ | $\cot g^2 \alpha$ | $\frac{1}{3}\cot g^2 \alpha$ | $4\cot g^2 \alpha_1$ | $\frac{4}{3}\cot g^2 \alpha_1$ | $\cot g^2 \alpha_1$ | $\alpha_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 24°00′ | 5,04 | 2,24 | 0,79 | 0,09 | 0,20 | 66°00′ |
| 30′ | 4,81 | 2,14 | 0,83 | 0,09 | 0,21 | 30′ |
| 25°00′ | 4,60 | 2,04 | 0,87 | 0,10 | 0,22 | 65°00′ |
| 30′ | 4,39 | 1,95 | 0,91 | 0,10 | 0,23 | 30′ |
| 26°00′ | 4,20 | 1,87 | 0,95 | 0,11 | 0,24 | 64°00′ |
| 30′ | 4,02 | 1,79 | 0,99 | 0,11 | 0,25 | 30′ |
| 27°00′ | 3,85 | 1,71 | 1,04 | 0,12 | 0,26 | 63°00′ |
| 30′ | 3,69 | 1,64 | 1,08 | 0,12 | 0,27 | 30′ |
| 28°00′ | 3,54 | 1,57 | 1,13 | 0,13 | 0,28 | 62°00′ |
| 30′ | 3,39 | 1,51 | 1,17 | 0,13 | 0,29 | 30′ |
| 29°00′ | 3,25 | 1,45 | 1,22 | 0,14 | 0,31 | 61°00′ |
| 30′ | 3,12 | 1,39 | 1,27 | 0,14 | 0,32 | 30′ |
| 30°00′ | 3,00 | 1,33 | 1,33 | 0,15 | 0,33 | 60°00′ |
| 30′ | 2,88 | 1,28 | 1,39 | 0,15 | 0,35 | 30′ |
| 31°00′ | 2,77 | 1,23 | 1,44 | 0,16 | 0,36 | 59°00′ |
| 30′ | 2,66 | 1,18 | 1,50 | 0,17 | 0,38 | 30′ |
| 32°00′ | 2,56 | 1,14 | 1,56 | 0,17 | 0,39 | 58°00′ |
| 30′ | 2,46 | 1,10 | 1,62 | 0,18 | 0,41 | 30′ |
| 33°00′ | 2,37 | 1,05 | 1,68 | 0,19 | 0,42 | 57°00′ |
| 30′ | 2,28 | 1,01 | 1,75 | 0,19 | 0,44 | 30′ |
| 34°00′ | 2,20 | 0,98 | 1,82 | 0,20 | 0,45 | 56°00′ |
| 30′ | 2,12 | 0,94 | 1,89 | 0,21 | 0,47 | 30′ |
| 35°00′ | 2,04 | 0,91 | 1,96 | 0,22 | 0,49 | 55°00′ |
| 30′ | 1,97 | 0,87 | 2,03 | 0,23 | 0,51 | 30′ |
| 36°00′ | 1,89 | 0,84 | 2,11 | 0,23 | 0,53 | 54°00′ |
| 30′ | 1,83 | 0,81 | 2,19 | 0,24 | 0,55 | 30′ |
| 37°00′ | 1,76 | 0,78 | 2,27 | 0,25 | 0,57 | 53°00′ |
| 30′ | 1,70 | 0,75 | 2,35 | 0,26 | 0,59 | 30′ |
| 38°00′ | 1,64 | 0,73 | 2,43 | 0,27 | 0,61 | 52°00′ |
| 30′ | 1,58 | 0,70 | 2,52 | 0,28 | 0,63 | 30′ |
| 39°00′ | 1,53 | 0,68 | 2,62 | 0,29 | 0,66 | 51°00′ |
| 30′ | 1,47 | 0,65 | 2,72 | 0,30 | 0,68 | 30′ |
| 40°00′ | 1,42 | 0,63 | 2,82 | 0,31 | 0,70 | 50°00′ |
| 30′ | 1,37 | 0,61 | 2,92 | 0,32 | 0,73 | 30′ |
| 41°00′ | 1,32 | 0,59 | 3,02 | 0,34 | 0,76 | 49°00′ |
| 30′ | 1,28 | 0,57 | 3,12 | 0,35 | 0,78 | 30′ |
| $\alpha$ | $\tan g^2 \alpha_1$ | $\frac{1}{3}\tan g^2 \alpha_1$ | $4\tan g^2 \alpha$ | $\frac{4}{3}\tan g^2 \alpha$ | $\tan g^2 \alpha$ | $\alpha_1$ |

| $\alpha$ | $\cot g^2 \alpha$ | $\frac{4}{3}\cot g^2 \alpha$ | $4\cot g^2 \alpha_1$ | $\frac{4}{3}\cot g^2 \alpha_1$ | $\cot g^2 \alpha_1$ | $\alpha_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $42^0\,00'$ | 1,23 | 0,55 | 3,24 | 0,36 | 0,81 | $48^0\,00'$ |
| $30'$ | 1,19 | 0,53 | 3,36 | 0,37 | 0,84 | $30'$ |
| $43^0\,00'$ | 1,15 | 0,51 | 3,48 | 0,39 | 0,87 | $47^0\,00'$ |
| $30'$ | 1,11 | 0,49 | 3,60 | 0,40 | 0,90 | $30'$ |
| $44^0\,00'$ | 1,07 | 0,48 | 3,73 | 0,41 | 0,93 | $46^0\,00'$ |
| $30'$ | 1,04 | 0,46 | 3,86 | 0,43 | 0,97 | $30'$ |
| $45^0\,00'$ | 1,00 | 0,44 | 4,00 | 0,44 | 1,00 | $45^0\,00'$ |
| $\alpha$ | $\tan g^2 \alpha_1$ | $\frac{4}{3}\tan g^2 \alpha_1$ | $4\tan g^2 \alpha$ | $\frac{4}{3}\tan g^2 \alpha$ | $\tan g^2 \alpha$ | $\alpha_1$ |

Die Dichtigkeitsgrößen sind darin mit dem Genauigkeitsgrade 0,01 und für jeden halben Grad des gegebenen Winkels berechnet. In der ersten

Fig. 6.




Colonne sind die Winkelgrößen $0^0$—$45^0$ und in der siebenten die Winkelgrößen $45^0$—$90^0$ berücksichtigt. In der zweiten und sechsten Colonne sind die betreffenden berechneten Zahlen für die tetragonaloïden (und hexa-

gonaloïden) Krystalle angegeben unter der Annahme $R = 1$, und in der vierten dasselbe unter der Annahme $R = \frac{1}{2}$ (aber nur in den Grenzen $45^0$—$90^0$); in der dritten und fünften Colonne sind die betreffenden Größen für die trigonaloïden Krystalle angegeben unter der Annahme $R = \frac{1}{2}$.

Als Beispiel nehmen wir das der Krystalle des Acetonylcarbamids[1]), für welches wir auf graphischem wie auf rechnerischem Wege die Dichtigkeitsgrößen aufsuchen wollen (Fig. 6).

Da diesen Größen nicht eine absolute, sondern eine relative Bedeutung zukommt, so können wir von einer sonst willkürlichen Größe ausgehen, indem wir als Einheit die Entfernung der nächsten parallelen Netzebene von der Nullebene (Zeichnungsebene) annehmen. Wir construieren mit dieser Größe $OC$ als Radius einen Kreis mit dem Centrum $O$, welches zugleich das des stereographischen Netzes ist.

Um die Dichtigkeitsgröße einer Fläche, deren Pol nicht ein dem Kreise des Netzes angehörender Punkt ist, z. B. (001), zu bestimmen, drehen wir um $90^0$ um den Durchmesser $ON$, auf welchem sich der Flächenpol befindet. Dann kommt der Pol der Verticalaxe in den Punkt $A$ und der Pol der Fläche (001) nach $B$ zu liegen. Die nächste parallele Netzebene des polaren Gitters nimmt jetzt die verticale Lage durch $CD$ an. Die Strecke $OD$ stellt nunmehr die Flächengröße des Elementarparallelogramms der Netzebene (001) dar; also ist die gesuchte Größe deren umgekehrtes Quadrat. Die Zeichnungsebene hat ebenfalls verticale Lage erhalten und geht durch den Durchmesser $ON$. Auf derselben ist die Strecke $OE$ die Projection der gesuchten Größe $OD$.

Dieselbe Construction läßt sich für die sämtlichen Flächen anwenden, deren Pole innerhalb des Projectionskreises liegen. Für die Flächen (111), ($\bar{1}11$), ($\bar{1}\bar{1}1$) und ($1\bar{1}1$)[2]) erhalten wir die Punkte $K$, $M$, $Q$ und $G$. Da der Flächenpunkt (001) nicht mit dem Projectionscentrum zusammenfällt, so führt man die Verschiebung aus, deren Richtung und Größe durch $OE$ angedeutet ist. Somit erfahren sämtliche Flächenpunkte eine constante Änderung in der Lage. Wenn z. B. die Dichtigkeitsgröße für die Fläche ($1\bar{1}0$) gesucht wird, so ziehen wir zuerst die (der Strecke $OE$ gleiche und parallele) Strecke $GH$. Jetzt liegt der Flächenpunkt $H$ auf einem Durchmesser mit ($1\bar{1}0$). Auf dieselbe Weise erhalten wir die Punkte $J$, $P$, $L$.

Nun ziehen wir die Geraden $HJ$, $JL$, $LP$, $PH$, $KM$, $MQ$, $QG$, $GK$, sowie die Geraden $JK$, $HG$, $PQ$ und $LM$. Somit erhalten wir die Centra der Verticalkreise des polaren Raumgitters. Dabei gibt uns die Strecke $OR$ die Netzdichtigkeit für ($\bar{1}00$) und $OS$ für (010).

---

1) Diese Zeitschr. **40**, 621.

2) Eine solche Construction für ($1\bar{1}1$) ist in Fig. 6 durch punktierte Linien angezeigt.

Die Auffindung der Netzdichtigkeit jeder Fläche, welcher in dem polaren Raumgitter der Netzpunkt in der nächsten Ebene entspricht, z. B. $(1\bar{1}1)$, geschieht jetzt ganz einfach. Aus dem Flächenpunkte als Centrum des betreffenden Vectorialkreises ziehen wir das Perpendikel $GV$ zu $OG$, und der Schnittpunkt $V$ dieses Perpendikels mit dem Kreise gibt uns die Größe $OV$ als die bestimmende für die Netzdichtigkeit von $(1\bar{1}1)$.

Die Flächenpunkte $H$, $L$, $J$, $P$, $S$ und $K$ lassen sich auch auf anderem Wege bestimmen: nach der Ausführung der Verschiebung bewegen sich nämlich alle Flächenpole auf der Projection (wie oben erklärt) in Großkreisbögen in den durch Pfeile angegebenen Richtungen, bis sie mit den ihnen zugeordneten Flächenpolen der Verticalzone in dieselben Radien kommen, und nun erhält der Complex die Eigenschaften eines monoklinen. Für $(1\bar{1}0)$ gehört der auf diese Weise erhaltene Flächenpunkt der bestimmenden Fläche zu, und aus diesem gibt die Anwendung der gewöhnlichen Construction den Punkt $H$.

Mit Hilfe der der Tabelle der Dichtigkeitsgrößen S. 383 beigegebenen Tafel lassen sich die Netzdichtigkeiten der Flächen auf folgende Weise ablesen. Wir lesen zuerst aus der gnomostereographischen Projection die Winkelgröße $\varrho$ für die betreffende Fläche ab und suchen dann in der Tabelle direct die respective Dichtigkeitsgröße auf.

Mit Hilfe der S. 379 beigehefteten Tafel können wir ebenfalls zu jeder gegebenen Winkelgröße der bestimmenden Fläche die respective Dichtigkeitsgröße der Fläche der Verticalzone auffinden, aber, wie erklärt, ist es in einigen Fällen nötig die Verschiebung auszuführen.

Auf diese Weise erhalten wir in unserem Beispiel die Netzdichtigkeiten:

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| für | $(111)$ | 0,61 | oder 2,44 | unter Annahme der dodekaëdrischen Structur. |
| - | $(1\bar{1}1)$ | 0,45 | - 1,80 | |
| - | $(\bar{1}11)$ | 0,43 | - 1,72 | |
| - | $(\bar{1}\bar{1}1)$ | 0,41 | - 1,64 | |
| - | $(100)$ | 2,28 | | |
| - | $(010)$ | 1,54 | | |
| - | $(110)$ | 1,00 | | |
| - | $(001)$ | 0,94 | | |
| - | $(1\bar{1}0)$ | 0,81 | | |

Das Symbol des Complexes ist $\begin{matrix} 4\,d; & +11 \\ 46; & \quad 10. \\ 5\cdot & -50 \end{matrix}$

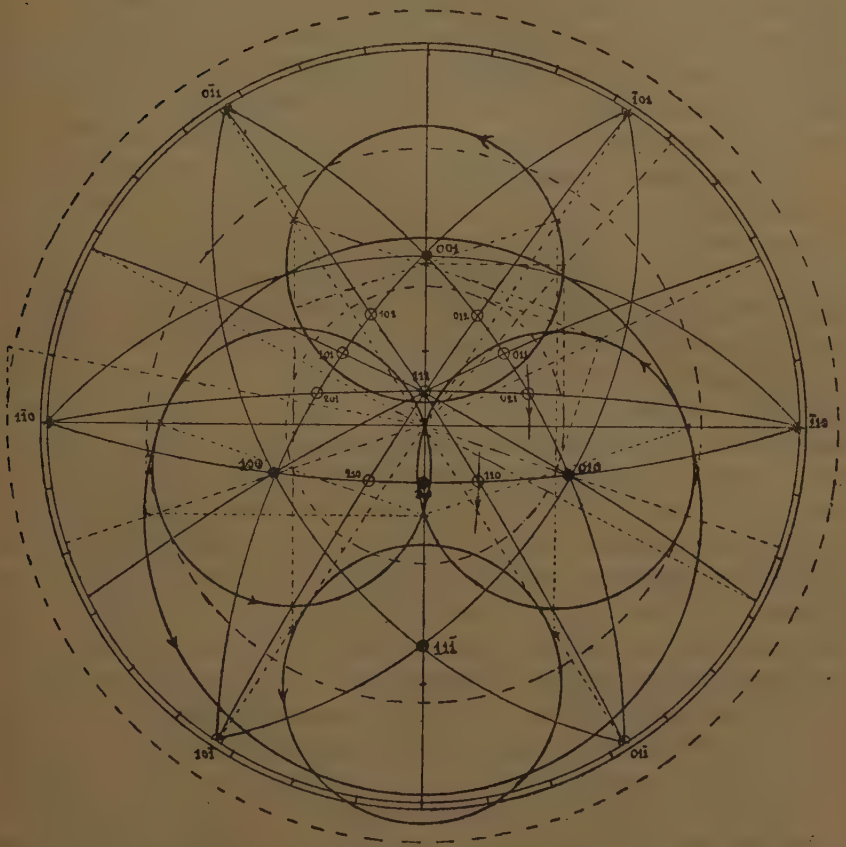
Die Wahrscheinlichkeit für die Richtigkeit der Aufstellung ist $W = \cos 11^0 \cos 10^0 \cos 5^0 = 0{,}96$; also beträgt die Abweichung von der Sicherheit 4 %.

Wir wollen als Beispiel noch einen trigonaloïden monoklinen Krystall

und zwar 1-3-4- und 1-2-4-Dinitrodiäthylanilin[1]) in unsere Betrachtung ziehen.

In Fig. 7 ist dessen gnomostereographische Projection zusammen mit dem Structurdiagramm angegeben; durch ausgefüllte Kreischen sind die

Fig. 7.



beobachteten und durch leere die nichtbeobachteten Flächen des Complexes angezeigt; durch Großkreise sind auch die Hauptzonen angegeben.

Die mit dem Projectionskreis concentrischen punktierten Kreise geben die Entfernungen der drei ersten Netzebenen des polaren Raumgitters von der Zeichnungsebene (also die Größen $R$, $2R$, $3R$, wobei $R$ gleich der Hälfte der Strecke ist, welche in dem E. S. Fedorow'schen Diagramm als Einheit dient). Durch punktierte Linien sind auch einige Hilfsdiameter und andere Hilfsconstructionen angezeigt, welche zur Auffindung der Flächenpunkte der Diagramme des polaren Raumgitters dienen. So z. B. ist für

1) Diese Zeitschr. **40**, 132.

die Auffindung des betreffenden Punktes für (001) die zum Diameter dieses Punktes parallele Tangente des ersten concentrischen Kreises (da der betreffende Punkt in der nächsten parallelen Netzebene liegt) bis zum Durchschnitt mit dem Durchmesser gezogen, welcher mit dem Durchmesser $(1\bar{1}0):(\bar{1}10)$ denselben Winkel bildet, wie (001) mit dem Projectionscentrum. Die der Centralstrecke dieses Durchschnittspunktes umgekehrt proportionale Größe gibt uns die Dichtigkeitsgröße für (001)[1]; die Projection desselben Durchschnittspunktes auf den Durchmesser von (001) gibt uns den gesuchten Punkt des Diagramms des polaren Raumgitters (dieser Punkt, wie auch die anderen, ist in der Fig. 7 durch einen kleinen Strich angezeigt).

Auf eben dieselbe Weise werden auch die betreffenden Flächenpunkte des Diagramms für die Flächen (100) und (010) aufgefunden. Die Centraldistanzen der Scheitelpunkte des von diesen drei Punkten bestimmten Dreiecks sind die Axeneinheiten für diesen trigonaloïden Krystall. Für die triklinen Krystalle sind diese Strecken sämtlich voneinander verschieden, aber für einen monoklinen, wie im vorliegenden Falle, sind die Strecken für (100) und (010) die gleichen. Sind diese Einheiten ermittelt, so findet man leicht den betreffenden Punkt als Centrum des betreffenden Vectorialkreises für eine beliebige Fläche, deren Indices angegeben sind, wie aus den Elementen der Krystallographie bekannt ist, obgleich auch für jede Fläche besonders das oben angegebene Verfahren dasselbe Resultat gibt.

Um dieselbe Dichtigkeitsbestimmung ohne Zuhilfenahme dieser Constructionen auszuführen, ist jetzt lediglich die Ablesung der sphärischen Distanzen (Winkelgrößen) der betreffenden Flächenpole erforderlich, wenn diese Pole sich innerhalb des Projectionskreises befinden; und nur für die Flächen, deren Pole auf dem Projectionskreise selbst liegen, muß man die Coordinatengröße für die bestimmende Fläche aufsuchen, wozu aber vorerst die Verschiebung nötig ist. Die Schiebungsrichtung ist in der Figur durch Pfeile angezeigt.

In der folgenden Tabelle sind die betreffenden Winkelgrößen $\varrho$ aus der Projection, die Größen von $D$ aus der Tabelle S. 383 und aus der Tafel S. 379 entnommen:

| | $\varrho$ | $D$ | Die Anzahl der Flächenpaare: |
|---|---|---|---|
| • 010 | 45° | 2,00 | 2 |
| • 001 | 49 | 1,72 | 1 |
| • $\bar{1}10$ | 32½ | 1,10 | 1 |
| • $11\bar{1}$ | 61½ | 0,92 | 1 |
| • 110 | 18 | 0,91 | 1 |
| ○ $0\bar{1}1$ | 30½ | 1,28 | 2 |
| ○ 011 | 32½ | 0,71 | 2 |

1) und wird aus dem zur E. S. Fedorow'schen Arbeit beigegebenen Diagramm direct abgelesen.

Für die Fläche (110) erhalten wir z. B. $\varrho = 18^0$; nimmt man den betreffenden Curvenpunkt und projectiert denselben links auf Scala Nr. 2 (da der Punkt sich auf der zweiten parallelen Netzfläche befindet), so lesen wir die Größe 0,91 (genauer 0,906) ab; für die Fläche (021), welche die bestimmende für $(\bar{1}10)$ ist, lesen wir den Winkel $32^0$ ab, und erhalten dann aus der Tabelle S. 383 die Größe 1,10 usw.

Das Symbol des Complexes ist $\begin{matrix} 3h;\ +10 \\ 48 \\ -2 \end{matrix}$.

Die Wahrscheinlichkeitsgröße ist

$$W = \frac{R}{J} \sin 80^0 \cos 5^0 = \frac{8{,}65}{9{,}37} \sin 80^0 \cos 5^0 = 0{,}90,$$

also beträgt die Abweichung von der Sicherheit 10%.

---

Die vorliegende Arbeit der Herren W. J. Sokolow und D. N. Artemiew betrachte ich als einen weiteren, wichtigen Schritt in der von uns[1]) unternommenen gemeinschaftlichen Arbeit der Bestimmung der richtigen Aufstellung sämtlicher beschriebenen Krystalle. Obgleich diese Arbeit unmittelbar mit dem krystallographischen Material nichts zu tun hat, führt sie doch dazu, daß die zu derselben nötige Energie wenigstens auf die Hälfte reduciert wird.

Indem ich diese beiden Autoren zu diesem Resultate beglückwünsche, finde ich aber, daß in ihrer Arbeit die nächstliegenden Aufgaben der Structurbestimmung der Krystalle unberührt geblieben sind; genauer zu sagen, führt sie auch zur Vereinfachung in der Lösung dieser Aufgaben; dieser Umstand ist aber nicht ausdrücklich genug hervorgehoben.

Die Methode der Bestimmung der reticulären Flächendichtigkeit kann auch zur Bestimmung der Punktdichtigkeit der congruenten Reihen benutzt werden; die Autoren beschränken sich in ihrer Arbeit nur auf die Anwendung derselben für die erste Aufgabe; von großer Bedeutung ist aber auch die zweite Aufgabe, besonders in Anbetracht der Schlußfolgerungen des Herrn Th. Barker, daß, wenn regelmäßige Verwachsungen verschiedenartiger Krystalle statthaben, sie sich nach congruenten Reihen von ungefähr derselben reticulären Dichtigkeit orientieren[2]).

Also ist zuerst die Frage zu beantworten, ob für die Lösung dieser Aufgabe nur diejenige Methode gültig bleibt, welche in der Arbeit »Abbildung der Structur der Krystalle mittels Vectorialkreise« vorgeschlagen wurde, oder ob dazu die von den Autoren verfaßten Tabellen dienlich sind.

Eine kleine Überlegung gibt uns sofort eine bejahende Antwort auf

---

1) Außer den Autoren dieser Arbeit ist hier noch Herr Th. Barker gemeint.

2) Diese Zeitschr. 45, 58.

diese Frage. Für die Bestimmung der reticulären Dichtigkeit ist die gnomostereographische Projection nötig, in welcher die Flächenpole der Verticalzone in dem Projectionskreise liegen. Ist jedoch ein solches Diagramm gegeben, dabei aber nicht ausdrücklich gesagt, ob dasselbe eine gnomostereographische Flächenprojection oder grammastereographische Kantenprojection ist, so begreift man leicht, daß unter beiden Annahmen die jetzt bekannten graphischen Operationen zur Bestimmung einer reticulären Dichtigkeit führen, und es bleibt nur zu entscheiden, worauf sich die ermittelten Zahlen beziehen.

Es ist klar, daß für die Annahme der gnomostereographischen Projection diese Zahlen sich auf das polare Raumgitter beziehen und die Strecken, welche durch dessen Diagonalen vertreten sind, als Maß der zu diesen Diagonalen normalen Krystallflächen dienen.

Für die Annahme der grammastereographischen Projection beziehen sich diese Zahlen auf die analogen diagonalen Strecken, aber nicht des polaren, sondern des gewöhnlichen Raumgitters, welche schon als Maß (auch hier in umgekehrtem Verhältnis) der Dichtigkeit der congruenten Punktreihen dienen[1]).

Als Resultat der goniometrischen Messung eines Krystalles kommt in erster Linie die gnomostereographische Projection der Flächen zustande. Will man sich also der vereinfachten Methode der Autoren zum Zwecke der Dichtigkeitsbestimmung der congruenten Reihen bedienen, so ist es nötig, aus dieser die grammastereographische Projection abzuleiten, und dabei muß die Hauptzone der Krystallkanten durch Pole auf dem Projectionskreise vertreten sein.

Nun ist dies aber eine sehr leichte Aufgabe, da diese Pole zugleich die Pole derjenigen Großkreise der gegebenen Projection sind, welche denselben Zonen angehören, für welche der gegebene Pol der der Zonenaxe ist.

Die Projection von [100] ist der Pol vom Großkreise (010):(001), [010] der von (001):(100) und [001] der von (100):(010); die Projection von [110] ist zugleich der Pol vom Großkreise $(1\bar{1}0):(001)$ und umgekehrt der Pol von $[1\bar{1}0]$ zugleich der von (110):(001) usw. Die Projection von [111] ist der Pol von $(1\bar{1}0):(0\bar{1}1)$ oder $(1\bar{1}0):(10\bar{1})$ . . .

Aber die auf solche Weise reproducierte grammastereographische Projection ist durchaus nicht in allen Fällen dazu geeignet, die Methode der Autoren unmittelbar anzuwenden, und besonders ist dies bei den triklinen Krystallen nicht der Fall.

Für die Anwendung dieser Methode müssen sich, wie aus dem obigen

---

1) Solcher Dualismus zwischen gewöhnlichen und polaren Raumgittern ist besonders scharf durch den Satz über die Verschiebungen dieser und jener Raumgitter hervorgehoben (Annal. des Berginstituts **1**, 397).

ersichtlich ist, die Punkte des Raumgitters, welche sich in der Zeichnungsebene befinden, durch bestimmte Indices auszeichnen, und zwar $(p_1 p_2 0)$ in tetragonaloïden, $(0 p_1 p_2 p_3)$ in hypohexagonalen und durch Indices, deren Summe gleich Null ist, in trigonaloïden Krystallen. Nun ist aber klar, daß die Raumgitterpunkte, welche die Kanten mit solchen Indices vertreten, keineswegs in der Zeichnungsebene sich befinden können; somit ist das Diagramm selbst nicht direct zur Anwendung geeignet. Um dasselbe jedoch zu diesem Zwecke geeignet zu machen, genügt eine solche Drehung der Sphäre, daß diese Forderung sich als erfüllt erweist.

Am einfachsten geschieht dies, wenn man zuerst das Diagramm auf dem stereographischen Netz so orientiert, daß der durch den Pol von (001) (in tetragonaloïden Krystallen) hindurchgehende Durchmesser sich mit einem der zwei Hauptdurchmesser des Netzes deckt, was man übrigens durch Copieren des Diagramms von einem Netze auf das andere erreicht.

Sobald aber das so gezeichnete Diagramm vorliegt, so haben wir noch sämtliche Flächenpole des Diagramms zusammen mit der ganzen Sphäre um den zum Durchmesser von (001) senkrechten Durchmesser um einen und denselben Winkel zu drehen, und zwar um den Winkel, welchen der Pol (001) mit dem Centrum des Diagramms bildet. Diese respective graphische Operation läßt sich auch für andere Haupttypen der Krystalle vollziehen.

Die daraus zu entnehmende grammastereographische Projection ist schon unmittelbar dazu geeignet, die Methode der Autoren anzuwenden und somit die daraus entstehende Vereinfachung in der Lösung der vorgestellten Aufgabe zu erzielen.

Ich will noch zeigen, wie dieselbe Methode die Lösung der folgenden, sonst ziemlich complicierten Aufgabe zu vereinfachen vermag: die gnomostereographische Projection der gegebenen Combination zu construieren, wenn als die Constanten, wie es früher der Fall war, die Winkel der krystallographischen Axen und das Verhältnis der respectiven Axeneinheiten eines triklinen Krystalls gegeben sind.

Um die Lösung dieser Aufgabe mittelst der angegebenen Methode leichter zu erfassen, wollen wir zuerst die umgekehrte Aufgabe lösen: die oben genannten Constanten aufzufinden, wenn die gnomostereographische Projection der Flächen eines triklinen Krystalls gegeben ist.

Was bestimmen aber diese Constanten? Natürlich nichts anderes, als die Zahlen, welche unmittelbar zur Bestimmung des elementaren Parallelepipedons des Raumgitters dienen; folglich ist das Verhältnis der Axeneinheiten zugleich das umgekehrte Verhältnis der Dichtigkeiten in der Punktbesetzung der krystallographischen Axen.

Wir können aber, wie oben erklärt wurde, aus der gegebenen gnomostereographischen Projection nicht nur zur grammastereographischen übergehen, sondern, nach Vollziehung der erwähnten Sphärendrehung, auch dieselbe in solche Orientierung bringen, daß daraus auch direct die (Quadrate der) Dichtigkeitsgrößen der krystallographischen Axen sich auffinden lassen.

Zu diesem Zwecke suchen wir zuerst den Pol von [101] (für die Bestimmung der Dichtigkeit nach [100]) und [011] (für die Bestimmung der Dichtigkeit nach [010]); also auch umgekehrt, wenn wir aus gegebenen Constanten die Größen (eigentlich die umgekehrten Quadrate) der respectiven Dichtigkeiten in der Tabelle der Autoren finden, so vermögen wir auch die centralen Winkelgrößen für [101] und [011] aus denselben Tabellen zu erhalten; daraus läßt sich aber schon sehr einfach die grammastereographische Projection herstellen, von welcher ebenso leicht sich der umgekehrte Übergang zur gnomostereographischen Projection ausführen läßt (indem die Sphäre um denselben Winkel, aber im entgegengesetzten Sinne, gedreht wird).

Nun aber ist leicht zu ersehen, daß die eben angedeutete Drehungsoperation einzig und allein für die triklinen Krystalle notwendig ist.

Obgleich wir auch für die monoklinen Krystalle für die Flächenpole der grammastereographischen Projection von [100], [110] . . . die Punkte nicht auf dem Projectionskreise erhalten, so nimmt doch der Pol von [010] die Lage eines der Hauptpole des stereographischen Netzes an, und die Pole von [100], [001] (Projectionscentrum), [101] und $[p_1 0 p_3]$ überhaupt nehmen die Lage auf einem der Hauptdiameter des Netzes an. Die Anwendung der Tafel und Tabelle der Autoren ist aber in diesem Falle unmittelbar zulässig, wenn wir die Winkelgrößen $\varrho$ nicht vom Projectionscentrum, sondern von dem Pol [010] ablesen. Dabei müssen wir für die Pole von $[p_1 0 p_3]$ uns der Tabelle (S. 383) bedienen, welche für die Pole der Verticalzone aufgestellt ist. Nur in dieser Änderung besteht der Unterschied der Operationen für diesen Specialfall.

Beiläufig bemerke ich noch, daß auf Grund des Dualismus zwischen gewöhnlichen und polaren Raumgittern wir jeden gegebenen Complex auf zweifache Art durch Symbole bezeichnen können. Was gewöhnlich unter »Symbol des Complexes« verstanden wird, bezieht sich nämlich auf polare Raumgitter und wird aus der gnomostereographischen Projection entnommen. Würde aber dasselbe Diagramm als grammastereographische Projection aufgefaßt, so erweist sich dasselbe Symbol als Symbol des Complexes der Krystallkanten.

In der Tat läßt sich, wie wir eben gesehen haben, aus der gegebenen gnomostereographischen Projection die grammastereographische herleiten, welche mit der ersten übrigens keine Ähnlichkeit besitzt; also sind auch die Complexe der Flächen und der Kanten eines und desselben Krystalls

nicht nur unähnlich, sondern, in gewissem Sinne, gerade entgegengesetzt (natürlich mit Ausnahme der isotropen Complexe).

Bezeichnen wir die Zahl, welche für den kubischen Complex als Symbol dient, durch $a$, so haben wir $\text{tang}\, a = \frac{\text{tang}\, 45^0}{\cos 45^0}$; der Winkel $(101):(001)$ ist in diesem Falle $45^0$. Nach dem erfolgten Zuge (Ausdehnung) in der Richtung der Verticalaxe wird derselbe Flächenwinkel größer und erhält etwa die Größe $45^0 + \beta$; dann erwirbt der respective Kantenwinkel die Größe $45^0 - \beta$ und es entsteht ein tetragonaler Complex mit dem respectiven Symbol:

für die Flächen $(a + \alpha_1)$, wo $\text{tang}\,(a + \alpha_1) = \frac{\text{tang}\,(45^0 + \beta)}{\cos 45^0}$

und - - Kanten $(a - \alpha_2)$, - $\text{tang}\,(a - \alpha_1) = \frac{\text{tang}\,(45^0 - \beta)}{\cos 45^0}$.

Durch diese Formeln kommt der eben erwähnte Gegensatz zwischen den Symbolen des Flächen- und Kantencomplexes scharf zum Ausdruck.

In den Krystallen des kubischen Typus von verschiedener Hauptstructur ist die Verteilung der Flächen- und Kantendichtigkeiten eine sehr verschiedene. Die Gesetze dieser Verteilung sind für dieselben verschieden mit Ausnahme der hexaëdrischen Hauptstructur, wo die respectiven Dichtigkeitsgrößen sich direct nach oben angegebenem Verfahren bestimmen lassen.

Für die beiden anderen Hauptstructurarten erhalten wir die entsprechenden Größen, wenn für die Flächencomplexe im Falle der oktaëdrischen Structur wir die der hexaëdrischen Structur zukommenden Zahlen für die Flächen mit zwei ungeraden Indices, und im Falle der dodekaëdrischen Structur die Zahlen für die Flächen mit drei ungeraden Indices verdoppeln; dementgegen verdoppeln wir für die Kantencomplexe im Falle der oktaëdrischen Structur die Zahlen für die Kanten mit drei ungeraden Indices und im Falle der dodekaëdrischen Structur diejenigen mit zwei ungeraden Indices.

Also ergibt sich für die Krystalle der kubischen Syngonie das Schema:

| Oktaëdr. Structur: | | Dodekaëdr. Structur: |
|---|---|---|
| Größenreihe d. Flächendicht. | {110} (2), {100} (1), {111} (0,33), {321} (0,29) | Dieselbe für die Kanten. |
| Größenreihe d. Kantendicht. | {111} (1,33), {100} (1), {110} (0,50), {311} (0,36) | Dieselbe für die Flächen. |

Für die hexagonal-isotropen Complexe besteht eine Reihe:

{1000} (1,33), {0101̄} (1), {1101̄} (0,57), {0121} (0,33), {2101̄} (0,25), {1220} (0,21) ...

Nun wollen wir diese Betrachtungen vermittelst der Tabellen der Autoren an einigen wenigen Beispielen demonstrieren:

1. Beispiel: Rutil. Symbol des Flächencomplexes $\frac{4o}{43.}$, des Kantencomplexes $\frac{4o}{65.}$.

Wir haben der Einfachheit wegen für die Flächen, welche in mehr als 90% der Beobachtungen constatiert wurden, die betreffende Anzahl der Flächen verdoppelt und diejenigen, welche in weniger als 25% der Beobachtungen auftraten, ganz unberücksichtigt gelassen.

Dementsprechend auf den Beobachtungstabellen für dieses Mineral fußend, welche in den Annalen des Berginstituts **1**, 198 angegeben wurden, kommen die Zahlen für {110} und {010} verdoppelt, und die Zahlen für {001}, {011}, {231} und {230} einfach in Rechnung, und läßt sich die folgende Tabelle zusammenfassen[1]):

| Die Formen | 010 | 110 | 001 | 011 | 231 | 230 | 111 | 210 | 310 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Flächenzahl | 4 | 4 | 4 | 4 | 8 | 4 | — | — | — | 25 | |
| Hexaëdrische Structur: | | | | | | | | | | | |
| Quadrat d. Dichte | 9,12 | 4,44 | 4,00 | 2,78 | 0,61 | 0,72 | 2,10 | 1,82 | 0,95 | | |
| | 36,48 | 17,76 | 4,00 | 11,12 | 4,88 | 2,88 | — | — | — | | $77{,}12 = R_h$ |
| Oktaëdrische Structur: | | | | | | | | | | | |
| Quadrat d. Dichte | 9,12 | 17,76 | 4,00 | 11,12 | 2,44 | 0,72 | 2,10 | 1,82 | 3,8 | | |
| | 36,48 | 71,04 | 4,00 | 44,48 | 19,52 | 2,88 | — | — | — | | $178{,}40 = R_0$ |
| Hexaëdrische Structur: | | | | | | | | | | | |
| | 4 | 4 | 4 | 4 | — | — | 4 | 8 | — | 25 | |
| | 36,48 | 17,76 | 4,0 | 11,12 | — | — | 8,40 | 14,56 | — | | $92{,}32 = J_h$ |
| Oktaëdrische Structur: | | | | | | | | | | | |
| | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | — | — | — | 8 | 25 | |
| | 36,48 | 71,04 | 4,0 | 44,48 | 9,76 | — | — | — | 30,4 | | $196{,}16 = J_0$ |

Daraus ergibt sich $R_h : J_h = 0{,}83$ und $R_0 : J_0 = 0{,}91$, also ist die Structur des Rutils eine oktaëdrische (und keine hexaëdrische) und die Reihe der Flächendichtigkeiten ist: {110} (17,76), {011} (11,12), {010} (9,12), {001} (4,0), {310} (3,8) usw.

Für die Reihe der Kantendichtigkeiten (relative Punktbesetzung):

{001} (4,0), {111} (0,72×4 = 2,88), {100} (1,75), {113} (0,37×4 = 1,48), {101} (1,22), {110} (0,87), {311} (0,18×4 = 0,72) usw.

2. Beispiel: Anatas[2]). Symbol des Complexes der Flächen $\frac{4d}{68}$, der Kanten $\frac{4d}{39}$.

1) In dieser Tabelle ist eine kleine Correction eingeführt.

2) Ebenda **1**, 193.

Für die Reihe der Dichtigkeiten der Flächen erhalten wir:

{001} (4,0), {111} (0,86 × 4 = 3,44), {100} (1,27), {113} (0,26 × 4 = 1,04), {101} (0,97), {110} (0,65) . . .

und für die der Kanten:

{110} (6,12 × 4 = 24,48), {100} (12,48), {101} (3,02 × 4 = 12,08), {121} (1,59 × 4 = 6,36), {001} (4,00), {112} (0,86 × 4 = 3,44), {111} (2,42) . . .

3. Beispiel: Parisit[1]). Symbol des Complexes der Flächen $\overset{6}{82}\cdot$, der Kanten $\overset{6}{9}\cdot$.

Für die Reihe der Dichtigkeiten der Flächen erhalten wir:

{1000} (4,0), {0110} (0,08), {1110} (0,08), {2110} (0,07), {3110} (0,06) . . . {0121} (0,02) . . .

und für die der Kanten:

{0110} (1,50), {0121} (0,49), {0231} (0,25), {0341} (0,12) . . . {1000} (0,04), {1110} (0,04) . . .

Diese Beispiele dürften schon hinreichend sein, um zu zeigen, daß vom Standpunkte der Theorie, welche sich in Übereinstimmung mit der Erfahrung befindet, in stark positiven Krystallen eine Fläche sich durch große Flächendichtigkeit auszeichnet, im Vergleich mit welcher die Dichtigkeiten aller anderen Flächen ganz in den Hintergrund treten und sich dabei untereinander in dieser Beziehung sehr wenig unterscheiden. In diesem Falle aber ist der Kantencomplex stark negativ und die wichtigsten Complexkanten bilden eine Reihe, in welcher jedes folgende Glied zu dem vorigen fast in einem und demselben Verhältnis steht, also keine besonders hervorragende Kante vorhanden ist.

Auch umgekehrt entbehren die stark negativen Krystallcomplexe irgend einer hervorragenden Fläche, da dieselben in bezug auf ihre Dichtigkeiten eine fast ununterbrochene Reihe bilden, in erster Linie in der Hauptzone, während im Kantencomplexe gerade die Axe dieser Zone eine hervorragende Stellung einnimmt in bezug auf die Punktbesetzung.

Es sollen nun noch ein paar Beispiele rhombischer und monokliner Complexe näher betrachtet werden.

4. Beispiel: Manganit[2]). Das Complexsymbol der Flächen ist $\overset{4h}{40}\cdot$ und dasjenige der Kanten $\overset{4h}{56}\cdot$.
$\overset{5}{\phantom{40}}$ $\overset{5}{\phantom{56}}$

1) Ebenda 2, 310.
2) Ebenda 1, 215.

Für die Reihe der Flächendichtigkeiten erhalten wir:

{100} (1,36), {010} (0,88), {001} (0,40), {101} (0,31), {110} (0,53), {011} (0,28), {111} (0,23) . . .

und für die Kanten:

{001} (4,00), {010} (1,82), {011} (1,25), {100} (1,22), {101} (0,94), {110} (0,72), {111} (0,61) . . .

5. Beispiel: Epidot[1]). Das Complexsymbol der Flächen ist $6;\frac{1}{2}\,35\,+4$. und der Kanten $6;\frac{1}{2}\,62\,-4$.

Für die Reihe der Flächendichtigkeiten erhalten wir:

{0101} (0,99), {0011} (0,82), {0110} (0,79), {1000} (0,40), {1101} (0,29), {1011} (0,27), {1110} (0,27), {2101} (0,09), {2011} (0,09), {2110} (0,09) . . .

und für die Kanten:

{1000} (4,0), {0110} (1,13), {0011} (1,04), {1110} (0,89), {0101} (0,87), {1101} (0,72), {1011} (0,63), {2110} (0,54), {2011} (0,51), {2101} (0,47) . . .

Die Autoren haben ferner in ihrer Arbeit noch nicht darauf hingewiesen, daß die von ihnen verfaßten Tabellen sehr leicht mit viel größerer Genauigkeit berechnet werden könnten.

Bei der Herstellung derselben sind sie dem Bedürfnis des heutigen Tages entgegengekommen, und ihre Tabellen sind also zum graphischen Operationsgange geeignet, welchem alle Mitarbeiter bei Abfassung der Tabellen zu krystallochemischer Analyse folgen; und speciell für diese im Gange befindliche Arbeit tragen sie nicht nur zur Vereinfachung der Bestimmung, sondern auch zur Erhöhung der Genauigkeit dieser Bestimmung bei; zur Anwendung dieser Tabellen ist die Kenntnis der centralen Winkeldistanz $\varrho$ für jeden Flächenpol der gnomostereographischen Projection und noch die seiner Indices hinreichend.

Die zweite Forderung ist von der Genauigkeit der Operationen unabhängig. Was die erste anbetrifft, so sind die Zahlen $\varrho$ für gute Krystalle und unter Anwendung des Universalgoniometers mit ziemlich großer Genauigkeit zu ermitteln. Eine noch größere Genauigkeit wird dann erreicht, wenn diese sphärische Coordinatengröße berechnet wird, nachdem die geometrischen Constanten mit möglichstem Genauigkeitsgrade ermittelt worden sind.

---

1) Ebenda **1**, 84, 288, 294.

Da die Methode ihrem Wesen nach mathematisch genau ist, so ist dieselbe auch für die mit größter Genauigkeit ermittelten Zahlen anwendbar.

In Anbetracht dessen, daß speciell das System der projectiven Krystallberechnungen dazu geeignet ist, die sphärische Coordinate $\varrho$ auf einfachste Weise zu ermitteln, ist klar, daß es von Nutzen gewesen wäre, die Tabelle der Autoren in Bezug auf ihre Ausführlichkeit zu vervollkommnen.

Nun ist zu erwarten, daß solche ausführlichere Tabellen zu der Zeit erscheinen, wenn sich das Bedürfnis kundgibt, die Dichtigkeitsgrößen mit großer Genauigkeit zur Verfügung zu haben. Man sieht, daß in allen Fällen, außer dem Falle der triklinen Krystalle, die dazu nötigen Berechnungen und Operationen durch relative Einfachheit sich auszeichnen werden.

Zum Schluß die Bemerkung, daß der Genauigkeitsgrad auch unter Anwendung der graphischen Operationen etwas erhöht werden kann, wenn die gnomostereographische Projection durch die gnomonische und die grammastereographische durch die lineare ersetzt wird.

# XXI. Vollendung in der Entwicklung des Begriffs des kanonischen Paralleloëders.

Von

**E. von Fedorow** in St. Petersburg.

In der Arbeit »Paralleloëder in kanonischer Form und deren eindeutige Beziehung zu Raumgittern«[1]) habe ich den Begriff des Paralleloëders in kanonischer Form oder schlechthin des kanonischen Paralleloëders entwickelt, indem ich mich von dem Princip der Eindeutigkeit leiten ließ, das heißt: als ein kanonisches hatte ich ein solches Polyëder angenommen, welches aus einem gegebenen Raumgitter sich eindeutig ableiten läßt.

In der erwähnten Arbeit habe ich nur eine Seite der aufgestellten Frage behandelt, und zwar die der Abhängigkeit dieses Begriffs von den Winkelverhältnissen der Krystallcomplexe, um dadurch, von dem krystallographischen Limitgesetz geleitet, zu einem solchen Paralleloëder zu kommen, welches diesem Gesetze Genüge leistet. Die richtige Lösung dieser Aufgabe macht zugleich ganz deutlich, in welchem Grade die Hauptwinkel des Raumgitters den den ideellen Krystallen zugehörigen Winkeln nahe kommen, und unter ihnen treten stets in erster Linie die dem rechten nahen Winkel auf.

Ich ließ aber den Fall beiseite, in welchen diese Winkel in der Tat mit denen des ideellen Krystalles vollständig übereinstimmen, aber doch die Verschiedenheit dadurch entsteht, daß dasselbe Raumgitter in bezug auf die krystallographischen Axen verschiedenartig orientiert ist.

Nun ist in erster Linie in Betracht zu ziehen, daß der Complex eines ideellen Krystalles entweder 1) der tetragonale, oder 2) der hypohexagonale oder endlich 3) der trigonale ist.

Für alle diese Complexe ist die Lage einer einzigen Fläche bestimmend; nehmen wir einen Punkt des Raumgitters als Centrum, so ist die Lage

1) Diese Zeitschr. 1909, **46**, 245. In dieser Arbeit S. 256 ist Z. 8 oben anstatt »Symmetrieaxe« »Symmetrieebene« und Z. 11 oben anstatt »(0111)« »(0121)« zu lesen. Diese Arbeit erschien zuerst russisch (April d. J.) in den Annalen des Berginstituts in St. Petersburg, III, 88.

eines einzigen nächsten Punktes für das ganze Raumgitter bestimmend, da aus diesem Punkte und z. B. der dreizähligen Axe schon drei gleich abstehende Punkte sich ergeben, ebenso wie noch drei diametral entgegengesetzte Punkte. Soll also das abzuleitende Paralleloëder ein kanonisches sein, so muß dasselbe eindeutig daraus hervorgehen.

Der Unterschied der erwähnten drei Abteilungen der Krystallcomplexe besteht in erster Linie in der complexialen Symmetrieaxe, einer vierzähligen für die erste, einer sechszähligen für die zweite und einer dreizähligen für die dritte; beachtet man noch, daß das angenommene Centrum (wie jeder Punkt eines Raumgitters überhaupt) Inversionscentrum ist, so erhält man sofort acht resp. zwölf resp. sechs gleichabstehender Punkte als die Gesamtgruppe der nächsten Punkte.

Speciell für die hypohexagonalen Krystalle, welchen eine einzige Hauptstructur — die prismatische — zukommt, ist damit die Lösung der gestellten Frage abgetan, da dadurch das eindeutig darzustellende, folglich das kanonische Paralleloëder vollkommen bestimmt ist. Es stellt das hexagonale Prisma dar, dessen Flächen 1) ein Paar zur Hauptsymmetrieaxe senkrechter sind, 2) drei Paar derselben parallelen Flächen, welche in der Mitte zwischen dem Centrum und den nächsten Punkten hindurchgehen. Das angenommene Centrum wird dadurch auch das Centrum dieses Tetraparalleloëders in der Form eines hexagonalen Prismas. Seine Höhenlinie und die drei Diagonale des centralen regelmäßigen Sechsecks werden zu krystallographischen Axen resp. $[1000]$, $[01\bar{1}0]$, $[0110]$, $[0011]$.

Für die tetragonalen Krystalle lassen sich wie bekannt zwei Fälle unterscheiden: 1) Das angenommene Centrum ist ein Eckpunkt der rechtwinkligen Parallelepipede des Systems, deren Gesamtheit vollständig alle Raumgittersystempunkte einschließt, 2) es gehört demjenigen complementären Raumgitterpunktsystem an, welches nur aus den Centren eines anderen identischen Systems besteht und dessen Vertreter gerade das durch die acht nächsten Punkte als Eckpunkte bestimmte Parallelepipedon ist.

Nun ist es klar, daß diesen zwei Annahmen gerade zwei verschiedene Structurarten entsprechen, und zwar in dem ersten Falle ist die hexaëdrische Structur durch das Triparalleloëder als das kanonische, und in dem zweiten Falle durch ein Paralleloëder vertreten, welches als das kanonische noch zu behandeln ist, aber nur ein Hexa- resp. Heptaparalleloëder sein kann.

Als deutliches äußerliches Kennzeichen für den wesentlichen Unterschied der beiden Fälle kann das folgende dienen: ziehen wir die zur Hauptsymmetrieaxe senkrechte centrale Ebene, so erhalten wir ein Punktnetz, in dessen Punkten im ersten Falle sich sämtliche Raumgitterpunkte orthogonal projicieren, während in dem zweiten Falle dies nur mit einer Hälfte dieser Punkte der Fall ist; wären die krystallographischen Axen nicht recht-

winklig, so müßte dieses Projicieren überhaupt in der Richtung der Axe [001] gedeutet werden.

Soll das zu bestimmende Paralleloëder in dem zweiten Falle ein kanonisches sein, so muß dasselbe eindeutig aus dem Punktsysteme ableitbar sein.

Sonst würden wir zwei verschiedene Paralleloëder erhalten, jenachdem ob eine Paralleloëderfläche die Fläche von der Lage (101) und dabei der aus dem Centrum durch einen nächsten Punkt gehende Strahl als [101], oder ob die Fläche von der Lage (111) und dabei der aus dem Centrum durch einen nächsten Punkt gehende Strahl als [111] angenommen wird; bei der ersten Annahme erhalten wir ein Hexa-, bei der zweiten ein Heptaparalleloëder.

Diesen beiden Annahmen entsprechen auch zwei Axensysteme mit verschiedenen Axeneinheiten.

Es liege ein Krystall vor, welcher auch der tetragonalen Syngonieart zugehören kann, aber mit voller praktischer Genauigkeit die dem regulären Oktaëder zukommende Winkelgrößen besitzt. Hätten wir möglichst fehlerfrei verfahren wollen, so würden wir in erster Linie denselben in optischer Beziehung prüfen, ob derselbe isotrop ist oder nicht; würde sein Isotropismus festgestellt, so hätten wir kein Recht mehr, denselben zweideutig zu bestimmen; wir müßten demselben notwendig das reguläre Oktaëder zuerkennen, folglich ihn für einen Krystall der kubischen Syngonie erklären. Die beobachtete Form würde notwendig als die einfache Form {111} zu deuten sein. Aber der Krystall kann auch undurchsichtig oder sonst nicht optisch prüfungsfähig sein. Wäre es zulässig, in diesem Falle denselben bestimmt als einen tetragonalen zu deuten und seine Form durch andere Indices als {111} willkürlich zu bezeichnen?

Wenn uns gerade die Aufgabe obliegt, die Form jedes vorliegenden Krystalls eindeutig zu bestimmen und etwa durch das Symbol des Complexes zu bezeichnen, so wird sogleich ganz klar, daß eine andere Deutung als die der Form {111} in diesem Falle ganz unzulässig ist. Wenn also irgend eine Substanz hauptsächlich durch diese Form als ihre Hauptform stets repräsentiert wird, so sind wir in die Notwendigkeit versetzt, dieselbe für eine kubische resp. pseudokubische zu nehmen und ihrem Krystallcomplexe die dodekaëdrische Hauptstructurart zuschreiben, somit auch die krystallographischen Axen und deren Axeneinheiten dementsprechend auszuwählen, welche letzteren in diesem Falle genau im Verhältnis 1 : 1 : 1 stehen.

Würde auch später nachgewiesen, daß dieser Krystall kein echt kubischer ist, also dieses Verhältnis nicht ganz streng genau ist, so hätten wir nicht nur keinen Fehler gemacht, sondern umgekehrt müßte jede andere willkürliche Änderung in der Aufstellung der Axen und deren Einheiten von vornherein als ein Fehler erkannt werden, da dadurch das Grund-

princip der Eindeutigkeit gebrochen würde, welches allein in der Aufsuchung der richtigen Aufstellung uns zu leiten fähig ist.

Und nun ist allgemein bekannt, daß solche Krystalle wirklich und nicht zu selten vorkommen, und zwar nicht nur unter solchen von tetragonaler Syngonie, sondern auch von anderen Syngoniearten, und daß dieselben sogar die besondere allgemeine Bezeichnung »pseudokubisch« erhielten. Es kommen sogar Fälle vor, in welchen die heutigen Methoden nicht hinreichend sind, solche pseudosyngonische (man pflegt gewöhnlich nach dem Vorgang von Mallard das nicht ganz correcte Wort »pseudosymmetrisch« zu gebrauchen) von den echten zu unterscheiden.

Hätten wir diesem regulären Oktaëder, obgleich offenbar unrichtigerweise, doch die oktaëdrische Structur zugeschrieben, so würden seinen Flächen die Indices {101} zukommen, aber nicht vollzählig, sondern mit Ausnahme von (110) und $(1\bar{1}0)$ (als parallelen Paaren). Das Symbol des Complexes wäre dann $\frac{4o}{63}$.

Nun würde, wie eben erklärt wurde, diese unrichtige Deutung nicht zur Erniedrigung des Wertes der Aufstellung führen; derselbe bliebe genau gleich 1 und somit erhielte die Aufstellung den Schein der ganz sicher nachgewiesenen, weil das Raumgitter genau dasselbe blieb.

Der analoge Fall ist der des Krystalls in der Form des Rhombendodekaëders, abgesehen davon, ob die Winkelwerte mit demselben ganz genau oder nur annähernd übereinstimmen. Die Anwendung des Princips der Eindeutigkeit hätte zu einer ganz bestimmten Aufstellung geführt, welcher hier die Annahme der oktaëdrischen Hauptstructurart zugrunde läge; auch in diesem Falle hätten wir für die einheitlich ermittelten krystallographischen Axen die Axeneinheiten 1 : 1 : 1 gefunden. Aber auch in diesem Falle würde es unter Anwendung des Kriteriums der richtigen Aufstellung zulässig sein, eine ganz andere Aufstellung und dabei notwendig die dodekaëdrische Structur anzunehmen. Wir hätten dann die Combination als {111} mit {100} zu deuten und das Symbol des Complexes würde durch $\frac{4d}{35\frac{1}{4}}$ ausgedrückt.

Die Abwesenheit der Form {110} in dem ersten Falle der unrichtigen Aufstellung und in dem zweiten Falle der Form {001} wiese nur darauf hin, daß in dem ersten ein stark positiver, in dem zweiten Falle aber ein stark negativer Complex vorliegt, wie dies auch aus dem Symbol des Complexes direct ersichtlich ist.

Eine sehr einfache Überlegung hätte uns gelehrt, daß für den ersten Fall die Axeneinheit auf [001] $\sqrt{2}$, und in dem zweiten Fall $\sqrt{\frac{1}{2}}$ beträgt.

Wenn es aber in den vorher betrachteten Fällen sich herausstellte, daß die richtige Aufstellung ganz unbestreitbar als eine völlig bestimmte, und

zwar die kubische, erschien, und da diese Fälle nur als die Grenzfälle einer längeren Reihe anderer auftreten, so ist klar, daß auch in allen diesen übrigen Fällen vom Standpunkte des Eindeutigkeitsprincips es widersprechend und folglich unzulässig erschien, von anderen als den gefundenen Regeln sich leiten zu lassen; sonst wäre es unbedingt nötig gewesen, gewisse willkürliche Grenzen aufzustellen, über welche hinaus die festbestimmten Regeln durch willkürliche andere zu ersetzen wären. Willkür ist aber mit dem Eindeutigkeitsprincip unvereinbar.

Somit sind wir zu folgendem Satze gekommen: Wenn wir unter Anwendung des Kriteriums der richtigen Aufstellung für einen tetragonalen Krystall zu einer solchen gekommen sind, für welche die oktaëdrische Structur gemeint wird und dabei die den Complex bestimmende Hauptzahl $60^0$ oder eine noch größere ist, so ist diese Aufstellng durch eine andere zu ersetzen, bei welcher die dodekaëdrische Structur gemeint wird und die respective Zahl die Zahl $50^0$ oder eine größere ist; dabei sind die horizontalen krystallographischen Axen durch die intermediären zu ersetzen, und die Axeneinheit auf [001] um $\sqrt{2}$ zu vermindern; ist die auf diesem Wege festgestellte Structur die dodekaëdrische und dabei die bestimmende Hauptzahl des Symbols des Complexes geringer als $50^0$, so ist wieder die Aufstellung durch eine andere zu ersetzen, bei welcher die Structur als die oktaëdrische verstanden wird und wieder die horizontalen krystallographischen Axen durch die intermediären zu ersetzen und die Axeneinheit auf [001] um $\sqrt{2}$ zu vergrößern sind.

Auch hier haben wir zwei Grenzzahlen erhalten, zwischen welchen wir bei der Anwendung des Kriteriums der richtigen Aufstellung nach den einen und jenseits deren wir anderen Regeln folgen müssen; aber in diesen Grenzzahlen ist keine Spur einer Willkür geblieben, und dieselben lassen sich mit beliebigem Genauigkeitsgrad berechnen. Hier gilt das Entgegengesetzte. Wären wir diesen Regeln nicht gefolgt, so würde dann mit dem Eindeutigkeitsprincip in seinen Anwendungen gebrochen sein, die Aufstellung wäre nicht mehr die richtige und das gefundene Paralleloëder nicht das kanonische gewesen.

Zur genauen Berechnung dieser Grenzzahlen dient eine bestimmte Formel, welche daraus abgeleitet wird, daß überhaupt bei der Ersetzung der horizontalen Axen durch die intermediären und der Änderung der Axeneinheit auf [001] um $\sqrt{2}$ dieselbe der Größe 1 näher kommen muß. Nun kommt ein besonderer Fall vor, in welchem bei dieser Operation keine Annäherung erzielt wird; dieser Grenzfall gibt uns die gesuchte Grenzzahl.

Nun sieht man, daß für die Zone [100], welche durch den diagonalen

Strahl $45^0$ in zwei symmetrisch gleiche Teile geteilt wird, die beiden Grenzzahlen auch symmetrisch sein müssen in bezug auf diesen Strahl.

Bezeichnen wir die Größe des gesuchten Abweichungswinkels von diesem Strahle durch $\alpha$, so finden wir:

$$\frac{\text{tang}\,(45^0+\alpha)}{\text{tang}\,(45^0-\alpha)} = \sqrt{2}.$$

$$\text{Also}\quad \frac{1+\text{tang}\,\alpha}{1-\text{tang}\,\alpha} : \frac{1-\text{tang}\,\alpha}{1+\text{tang}\,\alpha} = \left(\frac{1+\text{tang}\,\alpha}{1-\text{tang}\,\alpha}\right)^2 = \sqrt{2},$$

und daraus berechnet sich tang $\alpha$ = tang $4^0 55' 58''$ oder rund $4^0 56'$, folglich $45^0 + \alpha = 49^0 56'$ und $45^0 - \alpha = 40^0 4'$.

Aus diesen Zahlen berechnen sich endlich die gesuchten Grenzzahlen als die bestimmenden Hauptzahlen des Complexes

$$\text{tang}_{\text{max.}} = \text{tang}\,(45^0+\alpha)\sqrt{2} = \text{tang}\,59^0 15'$$
$$\text{tang}_{\text{min.}} = \text{tang}\,(45^0-\alpha)\sqrt{2} = \text{tang}\,49^0 56'$$

und gerade diese Zahlen sind angenähert in dem Satze angeführt.

Somit ist die Aufgabe in bezug auf tetragonale Complexe abgeschlossen. Jetzt wenden wir uns der analogen Aufgabe in bezug auf trigonale Complexe, d. h. auf Complexe des kubischen Typus, aber der hexagonalen Syngonie, zu.

Denken wir uns zuerst ein Rhomboëder mit genau rechten Winkel, also eigentlich einen Würfel, gegeben.

Nun ist klar, daß bei der Annahme der zu seinen Flächen senkrechten Geraden als krystallographische Axen die Aufstellung eindeutig und unbestreitbar richtig bestimmt und daß dabei die Hauptstructur als die hexaëdrische gemeint ist.

Nach dem oben erwiesenen bleibt es ganz gleichgültig, ob sich die Substanz wirklich als optisch isotrop erweist oder dies nicht der Fall ist, da das Symbol des Complexes, seiner bestimmenden Hauptzahl $54\frac{3}{4}^0$ nach, davon unabhängig bleibt, und nur die Schlußfolgerung geändert werden kann, ob der vorliegende Krystall der kubischen oder der hexagonalen Syngonie zugehört. Nehmen wir also für denselben Krystall eine andere Aufstellung an, so ist dieselbe von vornherein als unrichtig zu erklären, wenn auch der Wert der Aufstellung sich ebenfalls gleich 1 erweisen sollte.

Und gerade das letztere ist der Fall für die Aufstellung, bei welcher die Structur als die oktaëdrische gemeint, das Symbol des Complexes durch $\frac{3o}{70}$. ausgedrückt wird und die Combination die Indices $\{110\}$ erhält. Die Form $\{1\bar{1}0\}$ fehlt, da der Complex stark positiv ist.

Das letztere ist auch für die Aufstellung der Fall, bei welcher die Structur als die dodekaëdrische gemeint, das Symbol des Complexes durch

$\frac{3\,d}{35\frac{1}{4}^0}$ ausgedrückt wird und die Combination die Indices $\{11\bar{1}\}$ erhält. Die Form $\{111\}$ fehlt, da der Complex stark negativ ist.

Jetzt denken wir uns eine hexagonale Combination gegeben, welche in den Winkelverhältnissen genau das Rhombendodekaëder reproduciert.

Dem Obigen gemäß kann auch in diesem Falle nur eine einzige richtige Aufstellung anerkannt werden, und zwar eine solche, bei welcher die oktaëdrische Structur gemeint, das Symbol des Complexes durch $\frac{3o}{54\frac{3}{4}^0}$ ausgedrückt wird und die Combination die Indices $\{110\}$, $\{1\bar{1}0\}$ erhält.

Alle anderen Aufstellungen sind für diesen Fall von vornherein als unrichtige zu erklären, obgleich es unter ihnen auch solche gibt, für welche der Wert der Aufstellung gleich 1 verbleibt.

Das letztere ist für die Aufstellung der Fall, bei welcher die Structur als die hexaëdrische gemeint, das Symbol des Complexes durch $\frac{3\,h}{35\frac{1}{4}^0}$ ausgedrückt wird und die Combination die Indices $\{100\}$, $\{1\bar{1}0\}$ erhält. Die Form $\{110\}$ fällt weg, da der Complex stark negativ ist.

Das letztere ist auch für die Aufstellung der Fall, bei welcher die Structur als die dodekaëdrische gemeint, das Symbol des Complexes durch $\frac{3\,d}{20}$ ausgedrückt wird und die Combination die Indices $\{\bar{1}11\}$, $\{1\bar{1}0\}$ erhält. Hier sehen wir nicht nur die Form $\{111\}$ wegfallen, als Folge des sehr stark negativen Complexes, sondern sogar das Erscheinen der höchst positiven neuen Form $\{1\bar{1}0\}$.

Endlich denken wir uns eine hexagonale Combination gegeben, welche in den Winkelverhältnissen genau das reguläre Oktaëder darstellt.

Dem Obigen gemäß ist hier nur eine einzige Aufstellung zulässig, und zwar diejenige, bei welcher die dodekaëdrische Structur gemeint, das Symbol des Complexes durch $\frac{3d}{55\frac{3}{4}^0}$ ausgedrückt wird und die Combination die Indices $\{111\}$, $\{\bar{1}11\}$ erhält.

Alle anderen Aufstellungen sind wieder von vornherein als unrichtig zu erklären, wenn auch unter diesen solche vorhanden sind, für welche der Wert der Aufstellung gleich 1 verbleibt.

Das letztere ist für die Aufstellung der Fall, bei welcher die hexaëdrische Structur gemeint, das Symbol des Complexes durch $\frac{3\,h}{70.}$ ausgedrückt wird und die Combination die Indices $\{100\}$, $\{111\}$ erhält. Wir sehen, daß in diesem stark positiven Complex die höchst negative Form $\{111\}$ erscheint.

Das letztere ist auch für die Aufstellung der Fall, bei welcher die

oktaëdrische Structur gemeint, das Symbol des Complexes durch $\begin{matrix}30\\75\end{matrix}$ ausgedrückt wird und die Combination die Indices $\{110\}$, $\{111\}$ erhält. Die Form $\{1\bar{1}0\}$ fällt als höchst positive in diesem außerordentlich stark positiven Complex weg.

Aus allem vorhergehenden ersehen wir, daß für die einzig richtige Aufstellung, für welche das Princip der Eindeutigkeit seine Gültigkeit behält, wir stets durch die Regel uns leiten ließen, als kanonisches dasjenige Paralleloëder anzuerkennen, für welches das Symbol des Complexes in möglichster Weise dem des isotropen Complexes angenähert erscheint. Natürlich ist es, wenn die Regeln für den Grenzfall und für die ihm nahe kommenden Fälle gültig sein sollen, unbedingt nötig, dieselben auch für alle anderen gelten zu lassen.

Als Gesamtergebnis aller dieser Betrachtungen erscheint die Schlußfolgerung, daß es gewisse Grenzzahlen des Complexes gibt, zwischen welchen alle drei Hauptstructurarten möglich sind; über diese Grenze hinaus ist die Annahme der hexaëdrischen Structur nicht mehr zulässig, und bleiben nur die Annahme der oktaëdrischen Structur für die durch niedrigere Zahlen ausgedrückten und die Annahme der dodekaëdrischen Structur für die durch größere Zahlen ausgedrückten Complexe als die einzigen zulässigen Annahmen übrig.

Es sind nun noch diese Grenzzahlen zu ermitteln.

Die Auflösung dieser Aufgabe ist durch den günstigen Umstand sehr erleichtert, daß gerade für den isotropen Complex, je nachdem wir demselben die hexaëdrische resp. die oktaëdrische Structur zuschreiben, wir die zwei bestimmenden Hauptzahlen $54\frac{3}{4}^0$ und $35\frac{1}{4}^0$ erhalten, deren Summe gleich $90^0$ und deren Mittel folglich geich $45^0$ ist, und zwar ist dieses Verhältnis nicht ein angenähertes, sondern ist mathematisch genau.

Die genauere Berechnung gibt die Zahlen resp. $54^0 44' 8''$ und $35^0 15' 52''$. Aber es läßt sich der Beweis mit voller mathematischer Strenge durchführen.

Wollen wir die erste Winkelgröße durch $\alpha$ und die zweite durch $\beta$ bezeichnen, so ist klar, daß für deren streng mathematischen Ausdrücke wir respective die Werte: $\operatorname{tang}\alpha = \sqrt{2}$ und $\operatorname{tang}\beta = \sqrt{\frac{1}{2}}$ erhalten. Für die Bisectrix erhalten wir also den Ausdruck $\operatorname{tang} B = \operatorname{tang}\frac{\alpha+\beta}{2}$.

$$\text{Folglich } \operatorname{tang} B = \frac{\operatorname{tang}\frac{\alpha}{2} + \operatorname{tang}\frac{\beta}{2}}{1 - \operatorname{tang}\frac{\alpha}{2}\operatorname{tang}\frac{\beta}{2}} = \frac{\sqrt{\frac{1-\cos\alpha}{1+\cos\alpha}} + \sqrt{\frac{1-\cos\beta}{1+\cos\beta}}}{1 - \sqrt{\frac{(1-\cos\alpha)(1-\cos\beta)}{(1+\cos\alpha)(1+\cos\beta)}}}$$

$$= \frac{\sqrt{(1-\cos\alpha)(1+\cos\beta)} + \sqrt{(1+\cos\alpha)(1-\cos\beta)}}{\sqrt{(1+\cos\alpha)(1+\cos\beta)} - \sqrt{(1-\cos\alpha)(1-\cos\beta)}} = \frac{\sin\alpha + \sin\beta}{\cos\alpha + \cos\beta}.$$

Führt man die richtigen Zahlenwerte in diese Formel ein, so erhält man $\sin \alpha = \sqrt{\frac{2}{3}} = \cos \beta$ und $\cos \alpha = \sqrt{\frac{1}{3}} = \sin \beta$, also für tang $B$ genau den Wert 1, für $B$ 45° 0′ 0″.

Somit ist 45° derjenige Winkel, welcher die niedrigere Grenzzahl bildet; ist die bestimmende Hauptzahl eines Complexes geringer als 45°, so muß die Structur derselben notwendig die oktaëdrische sein.

Für das Verhältnis zwischen den hexaëdrischen und dodekaëdrischen Structurarten sind die Winkelgrößen $54\frac{3}{4}^0$ und $70\frac{1}{2}^0$ maßgebend; deren Tangenten haben respective die Größen $\sqrt{2}$ und $\sqrt{8} = 2\sqrt{2}$; folglich erhalten wir für die mittlere Winkelgröße den Tangentenwert $\sqrt{\sqrt{2,8}} = 2$; also ist die respective Winkelgröße 63° 26′ 6″.

Für die trigonalen Complexe haben wir also den folgenden Satz bewiesen:

Die hexaëdrische Structur der trigonalen Krystalle ist lediglich zwischen den Grenzwerten 45°—$63\frac{1}{2}^0$ zulässig. In denselben Grenzen sind auch die beiden anderen Structurarten zulässig. Ist die bestimmende Hauptzahl des Complexes geringer als 45°, so verbleibt als zulässig nur die oktaëdrische, ist diese Zahl $63\frac{1}{2}^0$ oder größer, so bleibt nur die dodekaëdrische Structur als die allein zulässige übrig.

Hätten wir unter Anwendung des Kriteriums der richtigen Aufstellung die bestimmende Zahl geringer als 45° erhalten und dabei die dodekaëdrische Structur, so würden wir in die Notwendigkeit versetzt, die Aufstellung durch eine andere zu ersetzen, bei welcher die hexaëdrische Structur gemeint und das Symbol des Complexes durch eine Zahl ausgedrückt wäre, welche geringer ist als $63\frac{1}{2}^0$; wäre aber diese Zahl noch geringer als 45° gewesen, so hätten wir dieselbe durch eine solche zu ersetzen, bei welcher die oktaëdrische Structur gemeint wurde.

Auch umgekehrt, hätten wir unter Anwendung des Kriteriums der richtigen Aufstellung die bestimmende Zahl größer als $63\frac{1}{2}^0$ erhalten und dabei die oktaëdrische Structur, so würden wir in die Notwendigkeit versetzt, die Aufstellung durch eine andere zu ersetzen, bei welcher die hexaëdrische Structur gemeint und das Symbol des Complexes durch eine Zahl ausgedrückt wäre, welche größer ist als 45°; wäre aber diese Zahl noch größer als $63\frac{1}{2}^0$ gewesen, so hätten wir dieselbe durch eine solche zu ersetzen, bei welcher die dodekaëdrische Structur gemeint würde.

Dadurch ist die Aufgabe der Aufsuchung der kanonischen Paralleloëder in bezug auf alle ideellen Complexe (d. h. tetragonale und hexagonale) erledigt. Nun ist klar, daß die erhaltenen Resultate sich auch auf alle anderen erweitern lassen.

In der Tat ist es für diese übrigen Complexe nötig, um die bestimmende Hauptzahl aufzufinden, dieselben zuerst durch eine ganz be-

stimmte Reihe homogener Deformationen in die orthogonale Form überzuführen. Obgleich man in der Verwirklichung dieser Operationen nicht so weit kommt, daß der Complex genau tetragonal resp. hexagonal geworden wäre, so verfolgt doch die Arbeit der Aufsuchung des Symbols selbst in erster Linie den praktischen Zweck der krystallochemischen Analyse, und da jede praktische Ausführung nicht so sehr die besondere Genauigkeit, als die Einfachheit und geringeren Zeitaufwand bezweckt, so wäre die Einführung noch einer Operation nicht zweckmäßig gewesen; es können also die für die ideellen Complexe ermittelten Grenzwerte auch für die übrigen gültig bleiben.

Nachdem auf diese Weise die Frage der Aufsuchung der kanonischen Paralleloëder erschöpfend behandelt worden ist, empfiehlt es sich noch, einen Fall näher zu besprechen, in welchem die Anwendung des Kriteriums für die richtige Aufstellung nicht zu genügend scharfen Resultaten führt und sogar im Grenzfalle zur Unbestimmtheit führen kann.

Die Anwendung des Kriteriums für die richtige Aufstellung, welche durch die Vertreter unserer Schule an einigen Tausenden von Krystallcomplexen durchgeführt wurde, hat gezeigt, daß in der überwiegenden Mehrheit der Fälle die Resultate sonst ganz befriedigend sind. Die ermittelten bestimmenden Hauptzahlen der Symbole harmonieren ganz gut mit dem Habitus und denjenigen physikalischen Eigenschaften der Krystalle, welche von der Theorie der Krystallstructur in Verbindung mit diesen Zahlen erfordert werden; auch stehen mit denselben in genügender Übereinstimmung die Complicationserscheinung resp. Formenentwicklung, wenn dies schon in viel gröberer Weise in dem statistischen Material zu Tage tritt; in Einzelfällen stoßen wir aber auf viele Widersprüche.

Aber es gibt eine Abteilung des Krystallreiches, und zwar die der höchst positiven Krystalle, in welcher diese Bestimmtheit sehr verwischt wird und nicht durch das von uns angewandte, sondern, gemäß dem Wesen der krystallinischen Substanz selbst, durch kein denkbares Kriterium ganz scharf hervorgehoben werden kann.

Es kommen sonst auch Fälle vor, in welchen die Resultate nicht ganz klar oder sogar vollständig unbestimmt sind. Die Behandlung dieser Fälle macht die Anwendung der Methode zur krystallochemischen Analyse nicht unmöglich, aber etwas umständlicher, da es nötig erscheint, nicht nur eine einzige, sondern zwei, ausnahmsweise sogar drei verschiedene Aufstellungen in Berücksichtigung zu ziehen. Für die höchst positiven und besonders für die extrapositiven Complexe wird diese Unbestimmtheit mehr und mehr fühlbar und tritt sogar als Regel hervor[1]).

1) Gerade für diese Extrafälle tritt aber die besondere Zweckmäßigkeit und Leichtigkeit der Anwendung der krystalloptischen Methode hervor, da wir es hier mit Blättchen zu tun haben, welche für diese Methode speciell geeignet erscheinen.

Diese Besonderheit der höchst positiven Complexe ist von mir in den »Ergänzenden Bemerkungen zu Hrn. Sokolow's und Artemiew's Arbeit über die Netzdichtigkeit« schon hervorgehoben (s. die vor. Abh.).

Aus den in diesen Bemerkungen betrachteten Beispielen, wie aus theoretischen Gründen überhaupt, ist leicht einzusehen, daß in diesen Fällen stets ein besonderes blättriges Pinakoid vorkommt, dessen Netzdichtigkeit in Vergleich mit der Dichtigkeit aller übrigen Formen so enorm groß ist, daß sie bei der Anwendung des Kriteriums durchaus die dominierende ist, sodaß, trotz der sehr veränderlichen Bestände aller übrigen Formen, der Wert der Aufstellung stets sich seiner Limitgröße 1 sehr nähert.

Gerade diese scharfe Übereinstimmung in den Berechnungen bei der Anwendung des Kriteriums und der tatsächlichen hohen Veränderlichkeit der beobachteten Combinationen kann als das eclatanteste Kennzeichen dafür dienen, daß diese Berechnung die Natur der krystallinischen Substanz selbst mathematisch aufs feinste ausdrückt.

Diese Anwendung wird zu unbestimmten Resultaten führen, wenn die Frage aus natürlichen Gründen unbestimmt wird, da in Wirklichkeit der Unterschied zwischen Netzdichtigkeiten von verschiedenen Flächen, abgesehen von dem besonderen Pinakoid, eine ganz zu vernachlässigende Größe erhält, und zugleich beobachtet man außer dem dominierenden Pinakoid in diesen extremen Fällen sämtliche andere Flächen in der Form sehr dünner Streifen, welche oscillatorisch alternieren. Bei der goniometrischen Untersuchung selbst wird es fast bis zur Unmöglichkeit schwierig, aus einem linearen Signal das Hervortreten einiger bestimmter Formen festzustellen, sodaß die an verschiedenen Krystallen derselben Substanz ausgeführten Messungen fast stets einander zu widersprechen scheinen.

Wenn aber dieser Unterschied eine zu vernachlässigende Größe erhält, so wird damit die Anwendung des Princips gebrochen, auf welchem das Kriterium der richtigen Aufstellung basiert, da diesem Princip gemäß die Gesamtheit der wichtigen beobachteten Formen und keineswegs nur eine einzige in Rechnung kommen darf.

Daraus ersehen wir, daß in diesem speciellen Falle die Anwendung des Princips vervollkommnet werden muß, was einfach dadurch geschehen kann, daß gerade die dominierende Fläche außer Rücksicht gelassen wird.

Natürlich erhalten wir dann für die Werte der Aufstellung viel geringere Zahlen; nun kommt es hier darauf an, nicht die absoluten, sondern die relativen Werte dieser Zahlen zu berücksichtigen, da eigentlich hier nur schärfer zu entscheiden ist, welcher Aufstellung größere Zahlen entsprechen.

Wir wollen jetzt die Anwendung dieses complementären Kriteriums an einigen Beispielen demonstrieren. Aber es muß von vornherein hervorgehoben werden, daß diese complementäre Operation einzig und allein den

Zweck hat, den sonst zu geringeren Unterschied fühlbarer zu machen und daß sogar dieses Mittel nur in gewissen intermediären Fällen von Nutzen sein kann und seine Bedeutung in extremen Fällen verliert.

Es sei jedoch erlaubt, auch hervorzuheben, daß gerade in diesen extremen Fällen, wenn z. B. die Krystalle einfach in der Form von dünnen Lamellen erscheinen, dieselben ganz besonders zur optischen Untersuchung geeignet sind, sodaß es sich hier empfiehlt, die goniometrische Methode der Krystallbestimmung durch die optische zu ersetzen.

Der Einfachheit und Deutlichkeit wegen wollen wir einen nicht sehr selten vorkommenden Fall, z. B. den eines hexagonalen Krystalls, prüfen, in welchem außer dem tafelförmigen Pinakoid nur noch eine Bipyramide auftritt.

Zuerst nehmen wir für solche den bestimmenden Winkel 60°.

Nehmen wir diese Form als {1110}, so fassen wir die folgende Tabelle zusammen:

| | 1110 | 0110 | | |
|---|---|---|---|---|
| Quadr. d. Dicht. | 1,0 | 1,33 | | |
| Anzahl d. Flächen | 6 | — | | |
| | 6,0 | — | 6,0 | $= R.$ |
| Anzahl d. Flächen | 3 | 3 | | |
| | 3,0 | 4,0 | 7,0 | $= J$; folglich $\frac{R}{J} = \frac{6}{7} = 0{,}86.$ |

Nehmen wir dieselbe für {1220}, so erhalten wir:

| | 1220 | 0110 | 1110 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Quadr. d. Dicht. | 1,0 | 5,28 | 2,29 | | |
| Anzahl d. Flächen | 6 | — | — | | |
| | 6,0 | — | — | 6,0 | $= R.$ |
| Anzahl d. Flächen | — | 3 | 3 | | |
| | — | 15,84 | 6,87 | 22,71 | $= J$; folglich $\frac{R}{J} = \frac{60}{227} = 0{,}26.$ |

Nehmen wir dieselbe für {2110}, so erhalten wir:

| | 2110 | 1110 | 0110 | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Quadr. d. Dicht. | 0,25 | 0,30 | 0,32 | | |
| Anzahl d. Flächen | 6 | — | — | | |
| | 1,5 | — | — | 1,5 | $= R.$ |
| Anzahl d. Flächen | — | 3 | 3 | | |
| | — | 0,90 | 0,96 | 1,86 | $= J$; folglich $\frac{R}{J} = \frac{150}{186} = 0{,}80.$ |

Nehmen wir dieselbe für {3110}, so erhalten wir:

| | 3110 | 0110 | 1110 | |
|---|---|---|---|---|
| Quadr. d. Dicht. | 0,11 | 0,15 | 0,15 | |
| Anzahl d. Flächen | 6 | — | — | |
| | 0,66 | — | — | 0,66 = $R$. |
| Anzahl d. Flächen | — | 3 | 3 | |
| | — | 0,45 | 0,45 | 0,9 = $J$; folglich $\frac{R}{J} = \frac{66}{90} = 0{,}73$ usw. |

Jetzt nehmen wir die Bipyramide mit dem bestimmenden Winkel 70°. Nehmen wir diese Form als {1110}, so erhalten wir:

| | 1110 | 0110 | |
|---|---|---|---|
| Quadr. d. Dicht. | 0,47 | 0,53 | |
| Anzahl d. Flächen | 6 | — | |
| | 2,82 | — | 2,82 = $R$. |
| Anzahl d. Flächen | 3 | 3 | |
| | 1,41 | 1,59 | 3,0 = $J$; folglich $\frac{R}{J} = \frac{282}{300} = 0{,}94$. |

Nehmen wir dieselbe für {1220}, so erhalten wir:

| | 1220 | 0110 | 1110 | |
|---|---|---|---|---|
| Quadr. d. Dicht. | 0,47 | 2,11 | 1,39 | |
| Anzahl d. Flächen | 6 | — | — | |
| | 2,82 | — | — | 2,82 = $R$. |
| Anzahl d. Flächen | — | 3 | 3 | |
| | — | 6,33 | 4,17 | 10,5 = $J$; folglich $\frac{R}{J} = \frac{282}{1050} = 0{,}27$. |

Nehmen wir dieselbe für {2110}, so erhalten wir:

| | 2110 | 0110 | 1110 | |
|---|---|---|---|---|
| Quadr. d. Dicht. | 0,12 | 0,13 | 0,13 | |
| Anzahl d. Flächen | 6 | — | — | |
| | 0,72 | — | — | 0,72 = $R$. |
| Anzahl d. Flächen | — | 3 | 3 | |
| | — | 0,39 | 0,39 | 0,78 = $J$; folglich $\frac{R}{J} = \frac{72}{78} = 0{,}94$. |

Nehmen wir dieselbe für {3110}, so erhalten wir:

| | 3110 | 0110 | 1110 | |
|---|---|---|---|---|
| Quadr. d. Dicht. | 0,06 | 0,07 | 0,07 | |
| Anzahl d. Flächen | 6 | — | — | |
| | 0,36 | — | — | 0,36 = $R$. |
| Anzahl d. Flächen | — | 3 | 3 | |
| | — | 0,21 | 0,21 | 0,42 = $J$; folglich $\frac{R}{J} = \frac{36}{42} = 0{,}86$ usw. |

Endlich denken wir uns eine Bipyramide mit dem bestimmenden Winkel 80°.

Nehmen wir dieselbe für {1110}, so erhalten wir:

| | 1110 | 0110 | |
|---|---|---|---|
| Quadr. d. Dicht. | 0,12 | 0,12 | |
| Anzahl d. Flächen | 6 | — | |
| | 0,72 | — | 0,72 = $R$. |
| Anzahl d. Flächen | 3 | 3 | |
| | 0,36 | 0,36 | 0,72 = $J$; folglich $\frac{R}{J} = \frac{72}{72} = 1{,}00$. |

Nehmen wir dieselbe für {1220}, so erhalten wir:

| | 1220 | 0110 | 1110 | |
|---|---|---|---|---|
| Quadr. d. Dicht. | 0,12 | 0,50 | 1,45 | |
| Anzahl d. Flächen | 6 | — | — | |
| | 0,72 | — | — | 0,72 = $R$. |
| Anzahl d. Flächen | — | 3 | 3 | |
| | — | 1,50 | 4,35 | 5,85 = $J$; folglich $\frac{R}{J} = \frac{72}{585} = 0{,}12$. |

Nehmen wir dieselbe für {2110}, so erhalten wir:

| | 2110 | 1110 | 0110 | |
|---|---|---|---|---|
| Quadr. d. Dicht. | 0,03 | 0,04 | 0,04 | |
| Anzahl d. Flächen | 6 | — | — | |
| | 0,18 | — | — | 0,18 = $R$. |
| Anzahl d. Flächen | — | 3 | 3 | |
| | — | 0,12 | 0,12 | 0,24 = $J$; folglich $\frac{J}{R} = \frac{18}{24} = 0{,}75$ usw. |

Schon aus dem letzten Beispiele ersehen wir, daß man es hier mit so winzigen Zahlen zu tun hat, daß es fast unzulässig erscheint, aus solchen bestimmte Schlußfolgerungen zu ziehen; gehen wir noch weiter, so erhalten wir lauter Nullzahlen und vollständige Unbestimmtheit, welche durch nichts zu beseitigen wäre.

Im großen und ganzen begünstigt das angegebene Verfahren den schärferen Ausdruck der Resultate, was eben zu verwirklichen war.

Das eben besprochene Verfahren ist nicht nur als ein wesentliches für die hochpositiven Complexe, sondern sogar als ein complementäres Verfahren von allgemeinerer Art anzuerkennen, dessen Anwendung gemeint wird, wenn irgend welche Aufstellung mit ultrapositiver Aufstellung zum Vergleiche kommt.

Ziehen wir einen beliebigen Complex in Betracht, zunächst den der kubischen Krystalle, z. B. {100} für Steinsalz; da in demselben eine Fläche, z. B. {001}, stets auftritt, so kann man denselben für einen ultrapositiven annehmen, indem diese Fläche als besonderes Pinakoid gilt.

Wie wir aus der Bestimmungstabelle S. 379 ersehen, reicht die Annahme der bestimmenden Zahl bis 88° hin, um für die sämtlichen anderen Flä-

chendichtigkeiten die Größe Null zu liefern. Folglich haben wir in dem allgemeinen Ausdrucke des Wertes der Aufstellung $\frac{4+0}{4+0}=1$, als ob die Aufstellung mit voller Sicherheit bestimmt wäre. Beseitigen wir aber in dem Zähler und Nenner dieses Bruches das erste Glied, so findet man $\frac{0}{0}$.

Für die ultrapositiven Krystalle ist dieser Ausdruck der echte Ausdruck der zu behandelnden Verhältnisse und kann durch keinen anderen ersetzt werden.

Ist aber der Complex kein solcher, so erhält derselbe Ausdruck einen ganz bestimmten Wert, und somit beseitigt dieses Verfahren die Unbestimmtheit, wenn eine solche wirklich vorliegt und man erhält sogar eine Zahl, welche sich nicht wesentlich von dem Werte der Aufstellung unterscheidet resp. damit ganz identisch ist.

Zum Schlusse besprechen wir noch zwei reelle Beispiele. Für das erste wähle ich die Krystalle von Bleijodid $PbJ_2$, welche von Schröder, Filhol und Nordenskiöld untersucht wurden[1]).

Es ist die Combination {1000}, {1110}, {2330} festgestellt. Bei der Aufstellung der genannten Autoren gilt das Symbol $\frac{6}{56}$, und die Krystalle erscheinen in der Form dünner hexagonaler Blättchen.

Nun fassen wir die Tabelle zusammen:

| | 1000 | 1110 | 2330 | 0110 | |
|---|---|---|---|---|---|
| Quadr. d. Dicht. | 4,0 | 1,24 | 0,18 | 1,8 | |
| Anzahl d. Flächen | 1 | 6 | 6 | — | |
| | 4,0 | 7,44 | 1,08 | — | 12,52 = $R$. |
| Anzahl d. Flächen | 3 | 6 | 3 | 3 | |
| | 4,0 | 7,44 | 0,54 | 5,4 | 17,38 = $J$; |

folglich $\frac{R}{J}=\frac{125}{174}=0{,}72$.

Für die Transformation der Indices, welcher die Determinante $\begin{vmatrix} 3 & & \\ & 1 & \\ & & 1 \end{vmatrix}$ zukommt, erhält man als Symbol $\frac{6}{77}$ und die Tabelle:

| | 1000 | 3110 | 2110 | 1110 | 0110 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Quadr. d. Dicht. | 4,0 | 0,14 | 0,17 | 0,19 | 0,19 | |
| Anzahl d. Flächen | 1 | 6 | 6 | — | — | |
| | 4,0 | 0,84 | 1,02 | — | — | 5,86 = $R$. |
| Anzahl d. Flächen | 1 | — | 3 | 6 | 3 | |
| | 4,0 | — | 0,51 | 1,14 | 0,57 | 6,22 = $J$; |

folglich $\frac{R}{J}=\frac{586}{622}=0{,}94$.

1) Schröder, Poggend. Annal. d. Phys. 1859, **17**, 113; Filhol, Ann. chim. phys. (3) **21**, 415 und Nordenskiöld, Bihang K. Svenska Vet. Acad. Handl. 1874, 2, Nr. 2; entnommen aus Groth's Chemische Krystallographie **1**, 221.

Für die Transformation der Indices, welcher die Determinante $\begin{vmatrix} 3 & & \\ & 2 & \\ & & 2 \end{vmatrix}$ zukommt, erhält man als Symbol $\frac{6}{64}$. und die Tabelle:

| | 1000 | 3220 | 1110 | 0110 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Quadr. d. Dicht. | 4,0 | 0,14 | 0,73 | 0,2 | | |
| Anzahl d. Flächen | 1 | 6 | 6 | — | | |
| | 4,0 | 0,84 | 4,38 | — | 9,22 | $= R.$ |
| Anzahl d. Flächen | 1 | 3 | 6 | 3 | | |
| | 4,0 | 0,42 | 4,38 | 2,7 | 11,5 | $= J;$ |

folglich $\frac{R}{J} = \frac{922}{1150} = 0{,}80.$

Da das Beispiel nicht zu den ultrapositiven gehört, so ist das ganz bestimmte Resultat ermittelt und zwar sehr scharf zu gunsten der zweiten Aufstellung; die Aufstellung der Autoren ist die am wenigsten geeignete.

Wenden wir hier das complementäre Verfahren an, so erhalten wir

für die erste Aufstellung $\frac{R}{J} = \frac{85}{134} = 0{,}63,$

- - zweite - $\frac{R}{J} = \frac{186}{222} = 0{,}84,$

- - dritte - $\frac{R}{J} = \frac{522}{750} = 0{,}70.$

Die zweite Zahlenreihe stimmt mit der ersten überein, aber die Zahlen sind niedriger.

Als zweites Beispiel wähle ich die isomorphen Krystalle der *Y*- und *Bi*-Salze der m-Nitrobenzolsulfonsäure[1]).

Vom Verf. wurden die Combinationen festgestellt:

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| für *Y*-Salz | 100 | 001 | 302 | $\bar{3}01$ | $\bar{3}02$ | 111 | 331 | $\bar{1}11$ | 035 | — | — |
| - *Bi*- - | 100 | 001 | — | — | $\bar{3}02$ | 111 | 331 | — | — | 101 | $\bar{2}11$ |

Der Vergleich zeigt, daß es für den betrachteten Complex fünf wesentliche Formen gibt, welche beiden Krystallen gemeinschaftlich sind.

Für die Transformation der Indices, welcher die Determinante $\begin{vmatrix} & & 6 \\ 1 & 1 & \\ & 2 & \end{vmatrix}$ $6; -3$ zukommt, erhält man als Symbol $\frac{83}{+1}$ und die Tabelle:

| | 100 | 001 | $\bar{3}02$ | 111 | 331 | — | — |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $01\bar{0}1$ | 1000 | $4\bar{1}01$ | 3110 | 1110 | 0110 | $11\bar{0}1$ |
| Quadr. d. Dicht. | 0,06 | 4,0 | 0,02 | 0,05 | 0,06 | 0,06 | 0,06 |
| Anzahl d. Flächen | 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | — | — |
| | 0,06 | 4,0 | 0,02 | 0,1 | 0,12 | — | — | 4,3 | $= R.$ |

1) Bodman, »Über Isomorphie zwischen Salzen von Wismut und Yttrium«. Ausz. in dieser Zeitschr. **45**, 106.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl d. Flächen | 1 | 1 | — | — | 2 | 2 | 1 | |
| | 0,06 | 4,0 | — | — | 0,12 | 0,12 | 0,06 | $4{,}36 = J.$ |

Folglich ist $\frac{R}{J} = \frac{430}{436} = 0{,}99$ und nach dem complementären Verfahren $\frac{R}{J} = \frac{30}{36} = 0{,}83$.

Dieses Beispiel bezieht sich auf denjenigen interessanten Fall, in welchem das Diagramm, folglich auch das betreffende Raumgitter, um einen Winkel (7°) gedreht werden kann (um die Axe 0121), wodurch man zu einer neuen Aufstellung gelangt, ohne dabei die Anorthosität wesentlich zu ändern (man erhält 4° anstatt 3°). Bei dieser neuen Aufstellung, welche in dem Symbole $\begin{matrix} 6;-4 \\ 87 \\ +1 \end{matrix}$ ihren Ausdruck findet, ist nicht nur der Wert der Aufstellung theoretisch genau derselbe, sondern auch die Factoren des Wahrscheinlichkeitswertes erleiden fast keine Änderung.

Da aber bei dieser neuen Aufstellung die bestimmende Hauptzahl des Complexes viel größer wird (87 anstatt 83), so erfordert das Princip der Eindeutigkeit die Anerkennung der ersten Aufstellung als der richtigen, wie dies aus den oben angeführten Betrachtungen folgt.

Hätten wir aber willkürlich noch eine andere Aufstellung gewählt, für welche {1110} durch {2110} ersetzt würde und welcher das Symbol $\begin{matrix} 6;-3 \\ 86 \\ +1 \end{matrix}$ entspricht, so würden wir folgende Resultate erhalten:

| | $01\bar{1}0$ | 1000 | $8\bar{1}01$ | 6110 | 2110 | 0110 | 1110 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Quadr. d. Dicht. | 0,01 | 4,0 | 0,00 | 0,00 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | |
| Anzahl d. Flächen | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | — | — | |
| | 0,01 | 4,0 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | — | — | $4{,}03 = R.$ |
| Anzahl d. Flächen | 1 | 1 | — | — | 2 | 2 | 2 | |
| | 0,01 | 4,0 | — | — | 0,02 | 0,02 | 0,02 | $4{,}07 = J;$ |

folglich $\frac{R}{J} = \frac{403}{407} = 0{,}99.$

Die Anwendung des complementären Verfahrens gibt uns

$$\frac{R}{J} = \frac{3}{7} = 0{,}43.$$

An dem Tage (25. Sept. bezw. 8. Oct.), an welchem ich die Correctur dieser Arbeit erhielt, wurde in unserem mineralog. Institute die erste Anwendung der krystallochemischen Analyse mittelst der speciellen, etwa zehntausend krystallisierte Substanzen umfassenden Tabellen gemacht. Es wurde ein sehr großer, herrlich ausgebildeter Krystall eines Laboratoriumsproductes, welcher sich ohne Etiquette in unserem technischen Museum befand, seiner Substanz nach bestimmt.

# XXII. Die Krystallisation der Kugeln als eine besondere Methode der krystallographischen Forschung.

Von

**D. N. Artemiew** in St. Petersburg.

Für das Studium einiger physikalischer Eigenschaften der Krystalle wurde bereits mehrfach als Gegenstand der Untersuchung die aus Krystallen verschiedener Verbindungen dargestellte Kugelform angewandt. Derartiger Krystallkugeln bediente man sich namentlich als Ausgangsmaterial für die Untersuchung der in den Krystallen auftretenden elektrischen und magnetischen Eigenschaften. Künstlich in der Kugelform hergestellte Krystalle dienten mehrere Male verschiedenen Autoren, z. B. Lavizzari[1]), Gill[2]), Goldschmidt[3]) usw. als Object der Auflösungsuntersuchungen, wobei die Symmetrieverhältnisse sehr deutlich zutage traten. Was aber die Weiterkrystallisation der Kugeln anbelangt, welche auf künstlichem Wege aus Krystallen hergestellt sind, so ist meines Wissens bis jetzt noch von Niemand die Frage klar gestellt worden, welche Bedeutung eine derartige Krystallisation hat und welches Untersuchungsmaterial sie überhaupt für die krystallographische Forschung zu geben vermag, wenigstens habe ich solche in der Literatur nicht gefunden. Alle wissenschaftlichen Angaben, die in naher Beziehung zu der in dieser Arbeit ausgeführten Untersuchungsmethode stehen, beschränken sich auf die Beobachtungen der sogenannten Regeneration verschiedenartig deformierter Krystalle.

1) L. Lavizzari, Nouveaux phénomènes des corps cristallisés. Lugano 1865, Ch. III.

2) A. C. Gill, Beiträge zur Kenntnis des Quarzes. Diese Zeitschr. **22**, 97—128.

3) V. Goldschmidt und Fr. E. Wright, Über Ätzfiguren . . . usw. N. Jahrb. f. Min. 1903, Beil.-Bd. **17**, 355. Ausz. diese Zeitschr. **41**, 521. — V. Goldschmidt und Fr. E. Wright, Über Lösungskörper . . . usw. N. Jahrb. usw. 1904, Beil.-Bd. **18**, 335. Ausz. diese Zeitschr. **42**, 641. In der letzten Zeit stellte V. Goldschmidt Versuche mit der Auflösung der Krystalle des Diamantes an.

Es gibt sehr viele darauf bezügliche Forschungen[1]). Eine der bedeutendsten Arbeiten ist die von Dr. H. Jordan[2]). In derselben gibt er eine klare und richtige Darstellung des Processes der Krystallisation verletzter Krystalle. Gleichzeitig führt er den Beweis an, daß bei der Krystallisation in der Mutterlauge der Krystalle mit künstlich angeschliffenen Flächen sich auf der Oberfläche der letzteren in großer Anzahl kleine Krystalle setzen, deren Fächen in paralleler Lage zu den Flächen der für den Versuch verwandten Krystallen sich befinden.

Jordan lenkte zugleich die Aufmerksamkeit auf die treppenförmige Lage dieser kleinen Krystalle und auf ihr energisches Wachstum. Seine Versuche haben ihn zu eigentümlichen Schlußfolgerungen geführt, welche sich auf die vitalistische Weltansicht und auf die Annahme der Existenz einer Krystallseele gründen.

Lavalle[3]) hat Versuche an mehr als 20 verschiedenen Substanzen angestellt; die Krystalle wurden von ihm teilweise zerbrochen, teilweise durch Lösungsmittel gerundet. Bei der Krystallisation in gesättigter Lösung findet treppenförmiges Anwachsen sehr kleiner Krystalle statt, wobei in Zwischenstadien des Wachstums neue vorübergehende »secundäre« Formen entstehen.

Im Jahre 1856 fand H. Marbach[4]), daß durch die Regeneration zerbrochener Krystalle sich die hemiëdrischen Flächen reproducieren lassen.

Mit Versuchen der Regeneration beschäftigte sich unter anderen L. Pasteur[5]), der die Erscheinungen der sogenannten secundären Formen (formes sécondaires) an Krystallen des Ammoniumbimalats und Strontiumformiats feststellte und gründlicher Erforschung unterzogen hat.

Derartige secundäre Formen zeichnen sich durch große Unbeständigkeit aus und bilden sich überhaupt nur unter gewissen Bedingungen, wie z. B. an den verletzten Stellen der zerbrochenen Krystalle. Das Auftreten und die Entwicklung secundärer Formen bei der gewöhnlichen Krystallisation wird nach Ansicht von Pasteur durch verschiedene Fähigkeit des Wachstums in verschiedenen Richtungen verhindert.

Von Versuchen der Regeneration liegen ferner einige Mitteilungen von

---

1) Das vollständigste Literaturverzeichnis über die Frage der Regeneration der Krystalle kann man bei O. Lehmann finden. Siehe O. Lehmann, Molekularphysik 1888, **1**, 309—317.

2) H. Jordan, Der Wiederersatz verstümmelter Krystalle. Archiv f. Anat. und Physiol. 1842. Diese Arbeit war mir nicht zugänglich, daher ich deren Inhalt nur aus der Arbeit von Rauber, Die Regeneration der Krystalle 1895, 3—5, kennen lernte.

3) M. Lavalle, Recherches sur la formation lente des cristaux . . . etc. Compt. rend. 1853, **36**, 493.

4) Mitteilung von Herrn Biot (Note de M. Biot . . .). Compt. rend. 1856, **43**, 705.

5) L. Pasteur, Études sur les modes d'accroissement des cristaux etc. Compt. rend. 1856, **43**, 795 und Annales d. chimie et phys. 1857, 3. Serie, **49**, 1.

Frankenheim[1]), Wackernagel, Sénarmont[2]), Scharff[3]), A. Loir[4]) usw. und namentlich von C. v. Hauer[5]) vor.

Im Jahre 1895 erschien eine Arbeit von Dr. A. Rauber[6]), in welcher die Regeneration der verschiedenartig verletzten Krystalle ausführlich behandelt wurde.

Diesen Versuchen liegt die Vorstellung über die Analogie zwischen Krystallen und lebenden Körpern zugrunde, was schon durch die von Rauber angewandten Fachwörter, wie »die Verwundung«, »die Wundfläche« ... scharf zum Ausdruck gelangt.

Demgemäß unterzog der Verfasser die natürlichen Krystalle verschiedenartiger Verletzungen resp. »Verwundungen«. So schnitt derselbe aus Chrom- und Kalialaunkrystallen Teile in der Form von Cylinder, Kegel, Kugel usw. aus, um sie in der gesättigten Lösung wieder »ausheilen« zu lassen.

Somit ist ersichtlich, daß die Kugelform in dieser Versuchsreihe lediglich als eine unter sehr vielen Verwundungsarten der Krystalle angewandt wurde. In seiner ganzen Arbeit findet man keine Andeutung darüber, daß speciell der Kugelform in einer solchen Versuchsreihe eine besondere Bedeutung zukommt.

Also gibt uns seine Arbeit keine Veranlassung zur Ansicht, daß die unten entwickelte specielle Methode der Krystallisation der Kugeln als eine besondere Methode der Krystallforschung in Rauber's Arbeit die erste Anwendung erhielt.

Durch die Rauber'schen Untersuchungen ist unter anderem klar gestellt worden, daß in einigen Fällen bei der Ausheilung der Krystalle solche Flächen entstehen, welche unter Bedingungen der normalen Krystallisation vollständig fehlen.

Für die genauere Bestimmung der Lage dieser Flächen hat derselbe von der goniometrischen Methode keinen Gebrauch gemacht; somit blieb gerade der wichtigste Teil dieser Untersuchung ohne befriedigende Resultate, und in den Fällen, wo Indices angegeben wurden, geschah dies lediglich auf dem Wege der subjectiven Schätzung.

Wären in den verschiedenen Fällen der Verletzung die jedesmal neu entstehenden Wucherflächen verschiedene, so käme denselben geringere complexiale Bedeutung zu und dann erwiese sich die Rauber'sche Methode

1) M. L. Frankenheim, Über die Verbindung verschiedenartiger Krystalle. Pogg. Annal. 1836, **37**, 518. S. auch Pogg. Ann. 1860, **111**, 1 und 1861, **113**, 488.

2) Sénarmont, Pogg. Ann. **100**, 162 und Compt. rend. **43**, 799.

3) F. Scharff, Über die Selbsttätigkeit in ihrer Ausbildung gestörter, sowie im Berge zerbrochener und wieder ergänzter Krystalle. N. Jahrb. f. Min. usw. 1876, 24.

4) A. Loir, Sur la cristallisation des aluns. Compt. rend. 1881, **92**, 1166.

5) C. v. Hauer, Ber. d. Wien. Akad. **39**, 620; **40**, 539, 589 und Verh. d. k. k. Geol. Reich. Wien 1877, 90 usw.

6) A. Rauber, Die Regeneration der Krystalle. Leipzig 1895.

der Krystallverletzung und Ausheilung als eine Methode sui generis, welche es mit einer bestimmten Fragenreihe zu tun hat.

Rauber selbst unterscheidet die Teile der abgeschnittenen Krystalle: den größeren, welchen er als Hauptkörper resp. Krystalltorso und kleinere, welche er als Supplemente resp. Nebenkörper bezeichnet.

Eine Annäherung an die Methode der Kugelkrystallisation ist in den Versuchen von Gaubert[1]) enthalten: Gaubert ließ neue Flächen an Alaunkrystallen und an den Krystallen von *Ba*- und *Pb*-Nitraten entstehen, nachdem er diese Krystalle durch teilweise Auflösung in gerundeten Formen gebracht hatte und indem er sie in der gesättigten Lösung wieder fortkrystallisieren ließ. Dabei erschienen die Formen {211} und {221}. Früher hatte schon L. Wulff[2]) an den Krystallen der Nitrate ähnliche Versuche angestellt.

Im Jahre 1901 stellte E. S. Fedorow[3]) Versuche an über die Krystallisation des Steinsalzes und Alauns in der Form von Kreisen. Dazu waren in ebenen Schliffen dieser Krystalle ringförmige Ausschnitte hergestellt, welche mit der betreffenden gesättigten Lösung ausgefüllt und jahrelang durch Canadabalsam fixiert wurden, um den Effect der Krystallisationsprocesse unter diesen Bedingungen beobachten zu können. Dabei ließen sich nach Verlauf einiger Tage am Steinsalz Spuren der Flächen {211}, {111}, {122}, {210}, {110}, {120} constatieren, aber ausschließlich am inneren Kreise. Nach Verlauf einiger Jahre[4]) beobachtete man nahe der Oberfläche treppenförmigen Habitus mit Annäherung an die Form eines Quadrates; an dem äußeren Kreise ließ sich ausschließlich treppenförmige Anwachsung constatieren. Außerdem wurden von demselben Verfasser Versuche der Krystallisation in dem Raume zwischen zwei sphärischen Oberflächen von Alaunkrystallen angestellt.

Dies geschah auf folgendem Wege.

Auf einer Fläche {111} wurde eine halbkugelförmige Vertiefung ausgeschnitten und aus einem anderen Krystalle eine Halbkugel von demselben Durchmesser mit oktaëdrischer Diametralfläche hergestellt.

Der Raum zwischen convexer und concaver Oberfläche wurde durch gesättigte Lösung ausgefüllt.

Die Versuche wurden sowohl in parallelen als auch in gedrehten, irrationalen Lagen angestellt. Nach jedem Versuche wurden die Resultate des Wachstums auf goniometrischem Wege festgestellt.

1) P. Gaubert, Sur la production des faces secondaires dans les cristaux cubiques. Bull. soc. fr. min. 1895, **18**, 141. Ausz. diese Zeitschr. **27**, 621.

2) L. Wulff, diese Zeitschr. 1880, **4**, 126 u. 129.

3) E. S. Fedorow, Die Beobachtungen und Versuche auf dem Gebiete der Krystallogenesis. Bull. de l'Acad. Imp. des Sciences de St. Pétersb. 1901, **15**, 527.

4) E. S. Fedorow, Die Versuche der Krystallisation zwischen zwei Sphären. Annal. d. l'Inst. d. Mines à St. Pétersb. 1908, **1**, 397.

Die parallele Orientierung ergab dieselbe Combination, wie in meinen weiter zu beschreibenden Versuchen der freien Krystallisation der Halbkugel derselben Substanz. Dabei ließ sich ein großer Unterschied in dem Habitus der convexen und der concaven Oberfläche erkennen; während die erstere glänzende Flecken an den Polen der wichtigsten Formen ergab, erschien die letztere in allen ihren Teilen vollständig matt und die goniometrischen Reflexe erwiesen sich als grobe Lichtflecken[1]).

Bei der irrationalen Orientierung gestaltet sich die Erscheinung infolge vieler Reflexe einiger Hauptflächen an der convexen Oberfläche viel undeutlicher; dabei wurden vereinzelt Flächen mit complicierteren Indices constatiert.

Diese Erscheinung wird ganz begreiflich, wenn man die verschiedene Löslichkeit verschiedener Formen berücksichtigt. E. S. Fedorow gibt folgende Erklärung: »Wenn auch die Diffusion der Lösung deren Einheitlichkeit in mesosphärischem Contactraum anstrebt, so ist doch die nahe Lage rationaler und irrationaler Flächen ungünstig für die Ausbildung der ersteren offenbar infolge der Differenz in der Löslichkeit«[2]).

Ich habe die Methode angewendet, zuerst aus größeren Krystallen auf mechanischem Wege Kugeln[3]) auszuschneiden, welche nachher in die gesättigte Lösung derselben Substanz eingebracht wurden. Dabei entstehen stets auf der Oberfläche neue Krystallflächen, deren Indices auf goniometrischem Wege ermittelt wurden.

Ich beginne mit der Darlegung der besonderen Vorteile, welche speciell die experimentelle Untersuchung der in Kugelform geschliffenen Krystalle verschafft. Die Kugel ist ihrem Wesen nach nichts anderes als ein Polyëder mit unendlich großer Anzahl von Punktflächen. Da infolge verschiedener Löslichkeit verschiedene Flächen sich zur Lösung verschieden verhalten, so ist von vornherein klar, daß die Kugel keineswegs gleichmäßig wachsen kann, trotzdem daß dieses verschiedene Verhalten nicht in der Verschiedenheit der Flächenanlagen seinen Grund hat.

Bei dem Wachsen der auf künstlichem Wege anders geformten Krystalle befinden sich verschiedene Krystallteile von Anfang an unter verschie-

---

1) Die Schlußfolgerungen aus dem Versuche sind in der Arbeit von E. von Fedorow; — Die experimentelle Lösung der Frage zur Genesis der Vicinaloïde. Die Zusammenhäufung. Ann. de l'Inst. de Mines à St. Pétersb. 1910, **2**, 255, angegeben.

2) E. S. Fedorow, Versuche, welche demonstrativ den bedeutenden Unterschied der Löslichkeit verschiedener Krystallflächen vorführen. Ann. de l'Inst. des Mines à St. Pétersb. 1908, **1**, 81.

3) Der Einfachheit wegen eigentlich in der Form von Halbkugeln von 5, 10 und 15 mm im Durchmesser, welche mit einer Glashalbkugel von demselben Durchmesser mit Wachs zu einer Kugel zusammengeklebt und an einem Faden in der Lösung aufgehängt wurden.

denen Krystallisationsbedingungen; eine solche Krystallisation würde das Experimentieren nutzlos complicierter machen.

Natürlich sind wir nicht imstande, auf goniometrischem Wege die ersten Krystallisationsanlagen genau zu constatieren; dies wird nur dann möglich, wenn die zu bildenden Flächen Dimensionen erhalten, bei welchen das Signal sichtbar wird. Es läßt sich nur constatieren, daß in dem Moment, wo eine Anzahl von Reflexen zur Beobachtung kommt, diese Anzahl zwar größer als bei der gewöhnlichen Krystallisation ist, aber nur um wenige Formen.

Nun habe ich eine große Anzahl von Versuchen mit Kugeln von verschiedensten Durchmessern an den verschiedenartigsten Krystallen angestellt, und stets kam als Resultat eine fixierte Flächencombination zum Vorschein, sobald die gesättigte Lösung in reinem Zustande verblieb. Dabei ergab sich, daß auch diejenigen complementären Flächen, welche bei dieser, aber nicht bei freier gewöhnlicher Krystallisation erscheinen, auch die Flächen von maximaler Netzdichtigkeit sind (natürlich in der Reihenfolge, in welcher sie zuerst erscheinen), welche sich auf bekannte Weise auf Grund der Bestimmung der richtigen Aufstellung ermitteln läßt.

In denjenigen Fällen, wo bei der gewöhnlichen freien Krystallisation eine sehr flächenarme Combination zutage tritt, sind diese complementären Formen entscheidend für die richtige Aufstellung; auch in dieser Hinsicht ist die Kugelkrystallisation sehr nützlich; man bedenke nur, daß Fälle vorkommen, in welchen die erschienenen Formen nicht einmal hinreichend sind, um irgend welche krystallographischen Constanten aufzustellen.

Die Kugelkrystallisation ist auch bei der Aufstellung der Symmetrieart sehr behilflich, da nämlich gerade die erwähnten complementären Formen diejenigen sind, welche diese Frage beantworten. Somit ist diese Krystallisation eine neue und dabei umfassendere Methode von allgemeinerer Bedeutung als die Methode des Ätzens.

In der Tat ist die Darstellung guter Ätzfiguren durchaus nicht immer erfolgreich und sogar dann, wenn dies gelungen ist, sind diese Figuren nicht stets für die Constatierung der Symmetrieart entscheidend.

Demgegenüber gibt die Kugelkrystallisation für die gleichen Formen gleiche Ausbildung, sodaß dadurch die Symmetrieart direct zum Vorschein kommt.

Nachdem diese Formencombination auf der Kugeloberfläche volle Entwicklung erhalten hat, führt die weitere Krystallisation zur bevorzugten weiteren Entwicklung der Hauptflächen und zu schrittweisem Verschwinden der complementären Flächen. Dabei ergibt sich, daß die zuerst verschwindenden Flächen gerade die Flächen von minimaler Netzdichtigkeit sind, wie dies aus dem Gesetze der Formencomplication zu folgern ist.

Auf diese Weise erscheint die Methode der Kugelkrystallisation zugleich

als die einzige experimentelle Methode der Auffindung des Complicationsvorganges, welche bis jetzt allein durch die statistische vertreten war.

Nun muß ich constatieren, daß sich bei der Krystallisation derselben Krystallkugeln in derselben Lösung in verschiedenen Fällen als Gesamtheit der complementären Flächen nicht stets genau dieselbe ergab, was ich nur ganz untergeordneten Verhältnissen in der Lösungsbewegung zuschreiben kann. Es erschienen manchmal sehr kleine Flächen und zwar in unvollständiger Anzahl, aber dies war einzig und allein mit den Flächen von minimaler Netzdichtigkeit der Fall.

Diese Unbeständigkeit in dem Flächenbestande von untergeordneter Bedeutung gibt Veranlassung zur Anwendung der statistischen Methode.

Die krystallisierte Kugel zeigt in der ersten Periode des Versuches eine Anzahl von glänzenden Flecken, welche gerade zu den wichtigsten Flächen gehören; der übrige Teil der Kugeloberfläche erscheint zuerst matt, später aber grobkrystallinisch, wobei jeder angewachsene Krystall eine Formencombination trägt, und gerade die Flächen von minimaler Netzdichtigkeit sind zuerst punktförmig, verschwinden später aber vollständig und sind nur mittelst Reflex oder sogar nur als Schimmer erkennbar. Die Reflexe der wichtigeren Flächen combinieren sich aus Reflexen der Krystalle von der gesamten Kugeloberfläche; dementgegen erscheinen die Reflexe von letzteren Flächen in der Form einer geringeren Anzahl leuchtender Punkte. Auch auf diese Weise kann die Combinationsbestimmung auf der krystallisierten Kugel als eine statistische betrachtet werden.

Alle diese Schlußfolgerungen beziehen sich auf diejenigen Versuche mit Krystallisation von Kugeln, welche den Hauptgegenstand dieser Arbeit bilden.

Für diese Versuche suchte ich in erster Linie Krystalle aus, welche sich durch solche Größe auszeichnen, daß aus ihrer Substanz leicht kleinere, wie größere Halbkugeln ausgeschnitten werden konnten. Dabei bestrebte ich mich, Vertreter von verschiedenen Syngoniearten auszuwählen. Außerdem ließ ich mich von besonderen und speciellen Gründen bei dieser Auswahl leiten.

Nun wende ich mich diesen Versuchen zu.

## 1. Alaune [1].

### a. Kaliumaluminiumsulfat-Dodekahydrat $(SO_4)_2AlK.12H_2O$ (Kalialaun).

Bei den unten genannten Versuchen wurden Kugeln von einem Durchmesser von 5 resp. 10 mm verwendet.

Nach Verlauf von zwei Stunden wurden in der reinen wässerigen Lösung die sämtlichen Formen I. und II. Periode (mit Ausnahme von

1) D. Artemiew, Über das Wachstum der kugelförmig geschliffenen Krystalle. Ann. de l'Inst. des Mines à St. Pétersb. 1908, 1, 83.

{321}) als glänzende Flecken sichtbar, also die Formen {100}, {111}, {110}, {211}, {221}, {210}; die angegebene Reihe stellt die Reihe der betreffenden Flächen ihrer Größe nach dar; dabei erschien die letzte Form unvollständig, wodurch die Zugehörigkeit zur dyakisdodekaëdrischen Klasse scharf zutage getreten war, d. h. sie erschien in der Form des Pentagondodekaëders.

Mehrstündige weitere Krystallisation hat zum Verschwinden einiger dieser Formen geführt, so daß zuletzt nur die Formen {100}, {111}, {110} übrig blieben; die übrigen waren sogar in Reflexen nicht mehr zu constatieren, obgleich die Kugel mehr oder weniger ihre Form noch behielt und ihre Oberfläche durch eine sehr dichte Besetzung mit kleinen Krystallen vertreten wurde.

Um die Rolle der Durchmessergröße der Kugel mit voller Schärfe zum Ausdruck zu bringen, habe ich in dieser Versuchsreihe ausnahmsweise noch eine Kugel vom Durchmesser 88 mm hergestellt. Da eine solche Kugel in vollem Umfange für goniometrische Untersuchung nicht verwendbar gewesen wäre, so habe ich davon nur den 48sten Teil der Oberfläche ausgeschnitten, welcher an seiner Außenfläche je einen der Pole von {100}, {110} und {111} enthielt.

Die Resultate dieser letzten Versuche ergaben nichts Neues, es erschien dieselbe Combination, und von irgend einer anderen Form wurde kein einziges Signal bemerkbar.

### b. Kaliumchromisulfat-Dodekahydrat $(SO_4)_2CrK.12H_2O$.

Es sind dieselben Formen wie im vorigen Falle erschienen, mit Ausnahme des Pentagondodekaëders {210}, von welchem sich keine Spur constatieren ließ. Bei dieser Versuchsreihe gelang es zu constatieren, daß die zuerst verschwindende Form {221} ist.

Aus diesen Versuchsreihen ist zu schließen, daß die Anwendung der Kugelmethode dieselbe vollständige Combination zur Darstellung gebracht hat, wie sie sonst allein unter Anwendung einiger Lösungsgenossen zustande kommt[1]).

Ich mache darauf aufmerksam, daß diese Methode die Zugehörigkeit des Kalialauns zur dyakisdodekaëdrischen Klasse direct ersichtlich gemacht hat. Außerdem ist die Reihenfolge der Formen nach ihrer Wichtigkeit klar gestellt.

---

1) Literatur s. P. Groth, Chemische Krystallographie 1908, 2, 565 ff.

## 2. Natriumchlorid $NaCl$[1].

Die Kugeln wurden aus Staßfurter Steinsalz hergestellt. Die Krystallisation in reiner wässeriger Lösung ergab die Combination {100}, {111}, {102} und noch die durch Schimmer sichtbare Form {110}[2].

Die letzte Form verschwand bei weiterer Krystallisation vollständig und viel später auch die Formen {102} und {111}. Die Reflexe von sämtlichen Flächen waren fleckenförmig.

Bei dem Zusatze von Glycocoll (indem zu 50 ccm gesättigter Lösung bei 18° C. 2 g Glycocoll zugesetzt war) erschien zuerst die Form {100} in etwas treppenförmig ausgebildeten glänzenden Flecken auf der Kugeloberfläche; an den Polen von {111} schien die Kugeloberfläche unverändert geblieben, glänzende sphärische Flecken darstellend, während der übrige Teil der Oberfläche, wie gewöhnlich, matt und später feinkrystallinisch erschien. In der Tat ergab sich aber, wie die weitere Untersuchung dieser eigentümlichen Wachstumserscheinungen klar stellte, ein Wachstum der gesamten Sphäre.

Die größte Anwachsung bildet sich gerade an den den Polen {100} nächsten Stellen der Oberfläche, sodaß an Stelle der Pole Vertiefungen entstehen, welche von hervorragenden ringförmigen Anwachsungen umgeben sind. Mit der Zeit verschwinden diese Vertiefungen durch das ersichtliche Wachstum dieser ringförmigen Anwachsungen.

Was die Pole von {111} anbelangt, so sieht man an deren Stelle eine sehr kleine Vertiefung, welche den Mittelpunkt feiner radial gestellter zarter Rinnen[3] bildet.

Wenn man in derselben Lösung die Krystalle sich frei ausbilden läßt, so entstehen oktaëderähnliche Formen, in der Tat aber eine durch Curvenoberflächen begrenzte Bildung, und diese Flächen ergeben keine Spur von Reflexen, sondern nur Schimmer, welcher sich aber keineswegs auf die Flächen {111} bezieht.

Bei Zusatz von Carbamid werden allmählich auf den convexen Curvenoberflächen die Spuren von Oktaëderflächen ersichtlich, welche eine Schimmermessung zulassen.

Für diesen Versuch wurde zu 50 ccm gesättigter Lösung bei 18° C. 8 g Carbamid beigemengt. Bei der freien Krystallisation aus dieser Lösung schieden sich Combinationen von {100} mit {111} aus.

Die Krystallisation der Kugel in verdickter Lösung (infolge Gelatine-

---

1) Literatur s. P. Groth, Chemische Krystallographie 1906, **1**, 176 ff.

2) D. Artemiew, Einige Versuche an kugelförmig geschliffenen Krystallen. Ann. de l'Inst. des Mines à St. Pétersb. 1908, **1**, 165.

3) Gerade so wie es A. Rauber an der unteren Fläche der Alaunkugel bei dem Auflösungsvorgange beobachtete. Ausz. diese Zeitschr. **43**, 78.

zusatz) ergab dieselbe Combination, wie in der reinen Lösung, aber die Krystallisation ging langsamer vor sich, und die Reflexe der Flächen {111} und {102} erschienen etwas deutlicher.

### 3. Kobaltiaminchlorodimethylglyoximin

$$CoNH_3Cl \cdot 2\begin{pmatrix} CH_3-C=NO \\ | \\ CH_3-C=NOH \end{pmatrix}.$$

Die Substanz wurde von Dr. L. Tschugaew dargestellt, ihre Krystalle wurden in den Annalen des Berginstituts[1]) beschrieben.

Hier wurde als die gewöhnliche die rhombische Combination {100}, {111}, {1$\bar{1}$1} beobachtet. Die Symmetrieart konnte nicht festgestellt werden, da es nicht gelungen war, bestimmte Ätzfiguren zu erhalten.

Außerdem wurden an einigen Krystallen dieser Substanz Flächen ganz besonderer Art beobachtet, welche als änigmatische[2]) bezeichnet wurden. Diese Flächen zeichnen sich durch ihre relative Größe und zugleich durch solche Vollkommenheit der Ausbildung aus, daß die Messung mit größter Genauigkeit ausgeführt werden konnte: die Flächen stellen fast ideelle Spiegel dar. Nun aber hat die specielle Untersuchung das Resultat geliefert, daß diese Formen irrational sind, in keinem einzigen Falle mehr als durch eine einzige Fläche vertreten sind und niemals an irgend einem zweiten Krystalle auftreten. An den untersuchten 160 Krystallen sind solche Flächen in der Anzahl 11 constatiert worden. Diese Flächen erscheinen an den abgesetzten Krystallen auf der freien Oberfläche in Berührung mit umgebender Lösung.

Es war von Interesse zu entscheiden, ob solche sonderbare Bildungen auch bei Krystallisation der Kugel erscheinen können.

Nach Verlauf einer Stunde war in der gesättigten Lösung bei 15° C. die Kugeloberfläche, wie gewöhnlich, von sehr kleinen orientierten Kryställchen bedeckt, mit glänzenden Flecken an Stelle der Pole von {100}, {111}, {1$\bar{1}$1}, {001}, {201}, {3$\bar{1}$1} und {311} (aber nicht {021}, {$\bar{1}$31}, {131}).

Weiter wurde dieselbe Kugel 3½ Stunden lang in der übersättigten Lösung gelassen bei 0° C. Keine neuen Formen waren zu constatieren, sämtliche früher erschienenen Formen waren geblieben.

---

1) D. Artemiew und D. Muraschew, Über die Krystallisation und einige physikalische Eigenschaften des Kobaltiaminchlorodimethylglyoximins. Ann. de l'Inst. des Mines à St. Pétersb. 1910, **2**, 272. Die in dieser Arbeit angegebenen Indices sind nach der Determinante $\begin{vmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 4 & \bar{1} & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{vmatrix}$ transformiert. Dabei war das Symbol des Complexes 4(o) 4(d) 60· durch 51· zu ersetzen, weil die bestimmende Hauptzahl des ersteren 60° überstieg. ½ $-\frac{1}{2}$

2) D. Artemiew, Die änigmatischen Flächen einiger Krystalle. Ann. de l'Inst. des Mines à St. Pétersb. 1910, **2**, 275.

Dann wurde die Kugel wieder in die gesättigte Lösung eingetragen und vier Tage lang der weiteren Krystallisation unterworfen. Die Kugel nahm nunmehr schon die Gestalt eines Krystalls mit großen Flächen an. Die beobachtete Combination war fast dieselbe, und nur die Formen {001} und {311} waren verschwunden; die Form $\{3\bar{1}1\}$ war schon von so geringer Dimension, daß ihr Vorhandensein nicht durch Reflex, sondern allein durch Schimmer constatiert werden konnte.

Somit erschien vorübergehend bei dieser Krystallisation eine viel flächenreichere Combination, aber mit völliger Abwesenheit irgend welcher änigmatischer Flächen. Außerdem ist zu betonen, daß in diesem Falle die rhombosphenoëdrische Klasse nur vermittelst der Kugelmethode festgestellt werden konnte.

### 4. Kaliumhexacyanoferroat $Fe(CN)_6K_4.3H_2O$

(gelbes Blutlaugensalz).

Die Krystalle dieser Substanz wurden von Wyrouboff, Brauns und Dufet untersucht[1]).

Die Krystalle sind pseudotetragonal und tafelförmig nach der Fläche {010} (übliche Aufst.), zu welcher die pseudotetragonale Symmetrieaxe senkrecht steht.

Für die Transformation der früheren Indices in die der richtigen Aufstellung dient die Determinante $\begin{vmatrix} 101 \\ 10\bar{1} \\ 010 \end{vmatrix}$.

Das Symbol des Complexes ist $68\cdot\frac{4(d)-0}{-0}$.

Die stets auftretenden Formen sind lediglich {001}, {111}, $\{1\bar{1}1\}$. Nicht selten kommen dazu noch die Formen {101} und {010}, welche beide um weniges seltener als in der Hälfte der Gesamtfälle auftreten.

Für die Berechnung des Wahrscheinlichkeitswertes fassen wir folgende Tabelle zusammen:

| Anz. d. Flächenpaar. | 1 | 2 | 2 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 2 ... |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbole | 001 | 111 | $1\bar{1}1$ | 100 | 010 | 113 | $1\bar{1}3$ | 101 | 011 | 110 ... |
| Flächendichtigkeit | 4,0 | 2,16 | 2,16 | 1,22 | 1,22 | 1,04 | 1,04 | 0,94 | 0,94 | 0,62 ... |

Aus dieser Tabelle erhält man, wenn man aus der Berechnung die seltener als in der Hälfte der Gesamtfälle auftretenden Formen beseitigt, für den Wahrscheinlichkeitswert $W = 1$.

Wie man aus dem Symbole des Complexes ersieht, ist derselbe stark positiv. Demgemäß ist von vornherein das Erscheinen einer Reihe von

1) Literatur s. P. Groth, Chemische Krystallographie 1906, **1**, 325.

unbeständigen Formen (»secundären« französ. Autoren) mit complicierteren Indices[1]) zu erwarten.

Aber bei gewöhnlicher freier Krystallisation erschienen solche Formen nur sehr selten. Im Gegensatz dazu erscheint diese Formenreihe ziemlich reichhaltig bei der Krystallisation der aus diesem Salze angefertigten Kugel, wie man aus folgenden Versuchen ersieht.

Die Krystallisation der Kugel (5 mm Durchm.) im drehbaren Krystallisator[2]) in gesättigter Lösung (bei 18° C.).

I. Nach Verlauf von zwei Stunden erschienen Flächenanlagen in der Form glänzender Flecken. Da aber diese Flecken nicht vollständig eben, sondern etwas gewölbt erschienen, so wurden keine reinen Reflexe sichtbar, sondern nur Schimmermessung möglich. Es wurden die Formen {001}, {111} und {1$\bar{1}$1} beobachtet.

Außerdem ließen sich als Punktschimmer die Formen {100}, {010}, {101}, {104}, {305}, {015}, {012}, {045}, {114} ... constatieren.

II. Nach Verlauf von vier Stunden entwickelten sich die Flächen viel deutlicher, sodaß manche von ihnen schon helle, wenn auch verschwommene Reflexe ergaben. Die hellsten sind die der Formen {001}, {111}, {1$\bar{1}$1}, {100}, {010}. Dabei waren die Reflexe von {111} und {1$\bar{1}$1} linear in der Richtung zu {001} in dem Winkelraume von 10° ausgezogen.

Außerdem wurden die Formen {305}, {035}, {405}, {045}, {227}, {115} ... constatiert.

III. Nach Verlauf von sieben Stunden wurden die Formen {001}, {111}, {1$\bar{1}$1}, {100}, {010}, {115}, {1$\bar{1}$5}, {203}, {305}, {035}, {017} ... beobachtet; dabei ließ sich eine Abnahme in der Helligkeit von {305} und {035} bemerken.

IV. Nach Verlauf von 18 Stunden war die gesamte Kugeloberfläche schon durchaus von großen Flächen der Formen {001}, {111}, {1$\bar{1}$1} bedeckt; die Formen {100} und {010} ließen sich nur als Schimmerflächen feststellen.

Alle diese Versuche charakterisieren sehr deutlich den Gang des Erscheinens und Verschwindens dieser vorübergehenden Formen, welche nur in der ersten Periode des Kugelwachstums sich entwickeln und dann allmählich durch die Hauptformen ersetzt werden.

Nun ist klar, daß die Bedeutung derselben in dem Krystallcomplexe sehr gering ist.

---

1) E. v. Fedorow, Vollendung in der Entwicklung des Begriffes des kanonischen Paralleloëders. Diese Zeitschr. 1910, **48**, 400.

2) Dieser drehbare und rhythmisch wirkende Krystallisator wurde von E. von Fedorow in den Annalen des Berginstituts 1910, **2**, 332 beschrieben.

### 5. Natriumthiosulfat-Pentahydrat $S_2O_2Na_2.5H_2O$.

Die Krystalle dieser Substanz wurden von de la Provostaye, Sénarmont und Fock untersucht[1]).

Sie sind monoklin-rhomboprismatisch und gehören zu dem hypohexagonalen Typus.

Für die richtige Aufstellung gilt die Transformationsdeterminante: $\begin{vmatrix} 010 \\ \bar{1}00 \\ 001 \end{vmatrix}$.

Die reichste Combination wurde von Sénarmont angegeben:

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol der Flächen | Sénarmont: | {010} | {110} | {120} | {001} | {011} | {$\bar{1}$11} | {$\bar{1}$31} | {100}. |
| | Richt. Aufst.: | {1000} | {1$\bar{1}$01} | {2$\bar{1}$01} | {0011} | {1011} | {1110} | {3110} | {0$\bar{1}$01}. |
| Reticuläre Dichtigkeit: | | 4,0 | 0,41 | 0,32 | 0,29 | 0,27 | 0,22 | 0,14 | 0,45 |

De la Provostaye macht von der Form {100} keine Erwähnung. Die Durchsicht mehrerer Krystalle ergab als constant auftretende die Formen: {1000}, {1$\bar{1}$01}, {2$\bar{1}$01}, {1110} und {0011}.

Das Symbol des Complexes ist: $\begin{matrix} 6;10 \\ 76 \\ +7 \end{matrix}$.

Aus dem Symbol ersieht man die Zugehörigkeit des Complexes zu den stark positiven. Es war somit von vornherein zu erwarten, daß der erste Platz in dem Complexe dem Pinakoid {1000} zukommt.

Für die Berechnung des Wertes der Aufstellung fassen wir die Tabelle zusammen:

| Anz. d. Flächenpaare: | 1 | 1 | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 (—1) | 2 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol der Fläch.: | {1000} | {010$\bar{1}$} | {1$\bar{1}$01} | {2$\bar{1}$01} | {0011} | {1011} | {0110} | {1110} | |
| $R$ | 4,0 | — | 0,41 | 0,32 | 0,29 | 0,27 | — | 0,22 | $\Sigma R = 6{,}73.$ |
| $J$ | 4,0 | 0,45 | 0,41 | 0,32 | 0,29 | 0,27 | 0,23 | — | $\Sigma J = 6{,}97.$ |

$$V = \frac{\Sigma R}{\Sigma J} = \frac{673}{697} = 0{,}96; \quad W = 0{,}96 \cos 3^0 \cos 16^0.$$

Wie man aus der Tabelle ersieht, stimmt die Reihenfolge der beobachteten Formen nicht genau mit dieser tabellarischen Reihenfolge überein; es fehlen die Formen {010$\bar{1}$} und {0110}; die letztere Form besitzt nur um weniges geringere Netzdichtigkeit als die Form {1110}.

Bei dreistündiger Krystallisation der Kugel von 5 mm Durchmesser (bei 18° C.) erscheinen dieselben Formen wie in der Tabelle und noch {010$\bar{1}$}, {2011}, {3011}, {2110}, {3110} und {021$\bar{1}$}. Die letztere Form wurde nur durch Schimmer erkannt. Bei der zweiten Krystallisation derselben Kugel unter den gleichen Verhältnissen ließ sich die letztere Form gar nicht beobachten.

Berücksichtigt man, daß durch die neu erschienenen Formen einerseits die Lücken in der Reihenfolge der Formen ausgefüllt wurden, andererseits

1) P. Groth, Chemische Krystallographie 1908, **2**, 670.

Formen erschienen, welche ihrer Wichtigkeit nach die Fortsetzung dieser Tabelle darstellen, so ersieht man, wie durch die Kugelkrystallisation das Gesetz der Complication zum Ausdrucke gebracht wird. Zugleich ersieht man, daß dieselbe Methode dazu dienen kann, die Richtigkeit resp. Unrichtigkeit der Aufstellung zu prüfen.

## 6. Kaliumdichromat $Cr_2O_7K_2$.

Die Krystalle dieser triklin-pinakoidalen Substanz wurden zuerst von Schabus gemessen. Derselbe constatierte zugleich die sehr vollkommene Spaltbarkeit nach (010) [(001) richt. Aufst.], eine weniger vollkommene Spaltbarkeit nach (001) und (100) [resp. (010) und (001) richt. Aufst.][1]).

Die zur Berechnung der Indices der richtigen Aufstellung dienende Transformationsdeterminante ist $\begin{vmatrix} 100 \\ 001 \\ 010 \end{vmatrix}$ und das Symbol des Complexes $\begin{matrix} 4(h) - 10\ 1\cdot \\ 68;\quad\ ?\ , \\ -\frac{1}{2} \end{matrix}$ das heißt der betreffende Flächencomplex gehört dem kubischen Typus an und stellt die Modalität zweiter Art dar[2]).

Der Wahrscheinlichkeitswert ist $0{,}96 \cos 1^0 \cos 10^0 \cos 1^0$.

G. Wulff[3]) bestreitet die Bestimmtheit dieser richtigen Aufstellung und sucht zu beweisen, daß genau derselbe Wahrscheinlichkeitswert auch zweien anderen Aufstellungen zukommt, deren Indices aus der üblichen Aufstellung durch die respectiven Determinanten $\begin{vmatrix} \bar{1}10 \\ 1\bar{1}0 \\ 112 \end{vmatrix}$ und $\begin{vmatrix} \bar{1}00 \\ 0\bar{1}0 \\ 112 \end{vmatrix}$ transformiert werden.

Die resp. Symbole der Complexe sind: $\begin{matrix} 4(d) - 12\ 1\cdot \\ 74\cdot\quad\ ? \\ 1 \end{matrix}$ und $\begin{matrix} 4(o) + 12\ 1\cdot \\ 78\quad\ ?\ . \\ 1 \end{matrix}$

Das zugehörige Raumgitter, folglich auch der Aufstellungswert, bleibt für die drei Aufstellungen identisch. Der Unterschied in meiner Aufstellung und in der von G. Wulff bezieht sich also lediglich auf den Unterschied der Symbole der Complexe und der Winkelfactoren.

Von seinen beiden Aufstellungen ist die zweite von vornherein unzulässig, da die bestimmende Hauptzahl (78°) des Complexes die Größe 60° übertrifft und dabei die oktaëdrische Structur gemeint wird[4]).

---

1) Literatur s. P. Groth, Chemische Krystallographie 1908, **2**, 586.

2) D. Artemiew, Die Krystalle des $K_2Cr_2O_7$; ihre Structur und Zwillinge. Ann. de l'Inst. des Min. à St. Pétersb. 1908, **1**, 229.

3) G. Wulff, Paralleloëder, Structur und richtige Aufstellung der Krystalle. Diese Zeitschr. 1910, **47**, 607.

4) E. v. Fedorow, Vollendung in der Entwicklung des Begriffes des kanonischen Paralleloëders. Diese Zeitschr. 1910, **48**, 400.

Die Winkelfactoren für die erste seiner Aufstellungen sind cos 1° cos 12° cos 1°, während bei meiner Aufstellung dieselben, d. h. cos 1° cos 10° cos 1°, der Einheit näherkommen[1]).

Natürlich sind Fälle denkbar, in welchen dieses Product mit praktischer Genauigkeit dieselbe Größe behält. Dadurch entsteht also eine Zweideutigkeit, welche nur die Regel bestätigen kann, daß stets derjenigen Aufstellung der Vorzug zu geben ist, für welche die bestimmende Hauptzahl des Complexes weniger von der des isotropen abweicht.

Anderthalbstündige Krystallisation der Kugel (5 mm Durchm.) ergab folgende Combinationen: {001}, {100}, {010}, {101}, {$\bar{1}$01}, {0$\bar{1}$1}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {111}, {$\bar{1}$11}, {1$\bar{1}$1}, {$\bar{1}\bar{1}$1}, {0$\bar{2}$1} und {0$\bar{2}$3}.

Die weitere Krystallisation führte noch zur Bildung der Form {011}, aber zugleich zum allmählichen Verschwinden der Formen {0$\bar{2}$1} und {0$\bar{2}$3}.

Die Krystallisation in übersättigter Lösung ergab außer den erwähnten Formen noch die Form {102}. Da diese Form in einfach gesättigter Lösung sogar an der Kugel niemals erschien, so ist dieselbe gerade für die übersättigte Lösung charakteristisch.

## 7. Cuprisulfat-Pentahydrat $SO_4Cu.5H_2O$
(Kupfervitriol).

Die Krystalle dieser allgemein bekannten Substanz wurden zuerst vom Acad. Kupffer gemessen; in letzter Zeit wurden dieselben mit besonderer Ausführlichkeit von Th. Barker untersucht[2]). Speciell in bezug auf die richtige Aufstellung und der Statistik ihrer Formen hat auch der Verfasser[3]) Beobachtungen angestellt.

Es erwies sich, daß diese triklin-pinakoidalen Krystalle dem hypohexagonalen Typus angehören. Die in P. Groth's Chemischer Krystallographie angegebenen Indices sind daher der Determinante $\begin{vmatrix} 0\bar{1}0 \\ 100 \\ 101 \end{vmatrix}$ gemäß zu transformieren, also durch die in der beigegebenen Tabelle zu ersetzen.

| | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Übliche Aufstellung | {0$\bar{1}$0} | {100} | {1$\bar{1}$0} | {011} | {110} | {1$\bar{1}\bar{1}$} | {1$\bar{2}\bar{1}$} | {021} |
| Richtige Aufstellung | {1000} | {0110} | {1110} | {$\bar{1}$011} | {$\bar{1}$110} | {1101} | {2101} | {$\bar{2}$011} |
| Flächendichtigkeit | 3,78 | 1,08 | 1,00 | 0,84 | 0,76 | 0,74 | 0,63 | 0,54 |

1) Die Behauptung von G. Wulff, daß das Product dieser Factoren genau dieselbe Größe sei, wie bei meiner Aufstellung, ist irrtümlich. Außerdem ist auch der Hinweis auf die Verschiedenheit der Winkelfactoren für seine beiden Aufstellungen, welche l. c. auf S. 619 angeführt ist, ebenfalls irrtümlich, da seine beiden Aufstellungen lediglich die Transformationen der Modalität einer Art in die der anderen sind, und folglich diese Factoren genau dieselben sein müssen.

2) P. Groth, Chemische Krystallographie 1908, **2**, 419—421.

3) D. Artemiew, Krystalle des Kupfervitriols. Ann. de l'Inst. des Mines à St. Pétersb. 1910, **3**, 85.

Hier sind nur die von mir als wesentlich anerkannten Formen (mehr als die Hälfte aller Fälle) angegeben.

Das Symbol des Complexes ist $\begin{matrix} 6;\ -12\ 4 \\ 62 \\ -6 \end{matrix}$.

Der Wahrscheinlichkeitswert bei dieser richtigen Aufstellung ist $0{,}92 \cos 12^0 \cos 4\frac{1}{2}^0 \cos 13^0$.

Die Vitriolkugeln (5 mm Durchm.) ließ ich im Gegensatze zu den meisten übrigen in übersättigter, rein wässeriger Lösung krystallisieren (bei 18° C.); dabei wurde bei dem ersten Versuche (I.) dieselbe 2 Minuten, bei dem zweiten (II.) 4 Minuten, bei dem dritten (III.) und vierten (IV.) 15 Minuten in der Lösung gelassen (wobei aber verschiedene Kugeln zu den Versuchen genommen wurden).

Endlich wurde noch eine 18stündige Krystallisation der dritten Kugel in der einfach gesättigten Lösung vorgenommen, aber unter Anwendung sehr langsamer Drehung des Krystallisators (eine Umdrehung in 5 Minuten)[1]).

Es ergab sich dabei:

| Symbol der Flächen | I. | II. | III. | IV. | V. | Freie Krystalle |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1000 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0110 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 0011 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 1110 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $10\bar{1}1$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 1011 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $1\bar{1}10$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $010\bar{1}$ | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| $110\bar{1}$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2110 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $210\bar{1}$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $1\bar{1}01$ | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| $20\bar{1}\bar{1}$ | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 2011 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $2\bar{1}01$ | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| $310\bar{1}$ | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| $31\bar{1}\bar{2}$ | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 3121 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| $22\bar{3}1$ | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 4110 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| $1\bar{4}40$ | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| $3\bar{1}10$ | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 |

In dieser Tabelle bezeichnet 1 das Vorhandensein, 0 die Abwesenheit der Form. Die römischen Ziffern beziehen sich auf die betreffenden Versuche.

1) Die Kugel wurde in die Lösung an einem Fädchen eingehängt, das an einem feststehenden Stativ befestigt war. Daraus ist zu ersehen, daß bei der Drehung des Krystallisators derselbe Effect zustande gebracht wird, als ob die Kugel in der Lösung sich gedreht hätte.

Der Vergleich der Formen dieser Kugelkrystallisation mit der Gesamtheit der Formen der freien Krystallisation ergab, daß an der Kugel noch ein weiterer Flächencomplex entstanden war. Eigentümlich ist das Nichterscheinen der Fläche $\{1\bar{1}01\}$, welche bei freier Krystallisation unter 50 Krystallen allerdings nur ein einziges Mal beobachtet wurde; von derselben machen auch die früheren Forscher keine Erwähnung.

Bei den ersten vier (I.—IV.) Versuchen erschien die Kugel mit glänzenden Flecken an den wichtigsten Flächenpolen bedeckt, während die übrige Zwischenoberfläche matt bis grobkrystallinisch erschien.

Der fünfte (V.) Versuch ergab aber eine von lauter Krystallflächen bedeckte Kugeloberfläche. Dabei nahm die Fläche $\{1000\}$ [$\{010\}$ üblicher Aufst.] die Form eines relativ großen Sechseckes an, und nicht die Form einer schmalen Abstumpfungsfläche, wie dies bei gewöhnlicher freier Krystallisation der Fall ist. Überhaupt ist diese Krystallisation für einen hypohexagonalen Krystall sehr demonstrativ, da man in der Combination eine Reihe breiterer hexagonaler Bipyramidenflächen zu sehen glaubt, welche tautozonal in dem erwähnten Pinakoid sich abschließen. Die Flächen des hexagonalen Prismas erschienen in Form feiner Streifen.

Die vorliegende Untersuchung wurde im mineralogischen Institut des K. Berginstitutes zu St. Petersburg ausgeführt. Der Vorsteher des Institutes, Prof. Dr. E. von Fedorow, hat mir während der Arbeit, wie immer, freundlichste Teilnahme und Wohlwollen gezeigt, wofür ihm mein herzlichster Dank ausgesprochen sein möge.

# XXIII. Auszüge.

**1. A. Cotton** und **H. Mouton** (in Paris): **Über die Orientierung der Krystalle durch das magnetische Feld. Wichtigkeit der optischen Eigenschaften der Suspensionen (liqueurs mixtes) vom Standpunkte der Krystallsymmetrie aus** (Compt. rend. 1908, 147, 51—53).

I. Nach den Experimenten von Faraday und nach der Theorie der magnetischen Erscheinungen in Krystallen sucht sich in einem homogenen Magnetfelde ein Krystallstückchen in einer bestimmten Richtung einzustellen, welche weder von der Form, noch von dem umgebenden Medium abhängt (die ferromagnetischen Metalle und ihre Salze ausgeschlossen). Meslin (Compt. rend. 1908, 146 b, 1305) glaubte, daß dieser Satz in bestimmten Fällen ungenau sei, daß die Einstellung vielmehr von der Permeabilität des umgebenden Mediums abhänge. Gegen Meslin wendet sich diese Notiz. Es wird gezeigt, daß Meslin's Einwurf deswegen ohne Bedeutung ist, weil er nur dann gelten würde, wenn der Unterschied der Susceptibilitäten in den Hauptrichtungen für die suspendierte Substanz von einer Größenordnung ($10^{-11}$ bis $10^{-12}$) sein würde, welche eine bestimmte Orientierung überhaupt unmöglich macht.

II. Diese Tatsache, daß in einem magnetischen Felde die Einstellung eines Krystallstückchens nicht von dem umgebenden Medium abhängt, vereinfacht das Studium der magnetooptischen Eigenschaften der Suspensionen in hohem Maße. Die Permeabilitätswerte der Flüssigkeiten spielen keine Rolle; die Resultate lassen sich am übersichtlichsten ordnen, wenn man die Suspensionen, welche den nämlichen festen Körper enthalten, zusammennimmt. Zu einer ähnlichen Erklärung kommt Chaudier in seiner Dissertation über die elektrooptischen Eigenschaften der Suspensionen (Thèse de Doctorat, Paris 1908).

III. Wenn man nach dem Vorgange von Chaudier die magnetooptischen und die elektrooptischen Eigenschaften der Suspensionen gleichzeitig untersucht, so ergeben sich einige interessante Beziehungen bezüglich der optischen Symmetrieverhältnisse und Eigenschaften der mikroskopischen Krystalle, welche in den Suspensionen enthalten sind. (Andere Methoden stehen in den meisten Fällen nicht zur Verfügung.)

Die magnetischen Eigenschaften eines Krystalles werden in erster Annäherung durch ein Ellipsoid $E_m$ dargestellt, dessen große Axe sich in die Richtung des magnetischen Feldes einzustellen sucht. Die elektrischen Eigenschaften sind dargestellt durch ein anderes Ellipsoid $E_e$, dessen große Axe sich ebenso nach den Kraftlinien richtet, wenn die Krystalle nach einer Richtung nicht allzusehr verlängert sind. Die optischen Eigenschaften sind analog durch ein drittes

Ellipsoid dargestellt $E_0$. Die Beziehungen, welche zwischen diesen drei Ellipsoiden bestehen, lassen sich durch das Studium der optischen Eigenschaften in bestimmten Fällen ermitteln; manchmal lassen sich die Symmetrie-Elemente selbst erkennen. Die Beobachtungen über magnetischen und elektrischen Dichroismus würden schon genügen, die Krystalle in zwei Gruppen einzuteilen: solche, für welche die großen Axen von $E_m$ und $E_e$ zusammenfallen, und solche, für welche das nicht gilt. Im ersten Falle hat der elektrische und der magnetische Dichroismus das nämliche Vorzeichen und den nämlichen Sättigungswert; im zweiten Falle könnte man eine orthorhombische Substanz von einer einaxigen Substanz unterscheiden, indem man auf die Suspension gleichzeitig ein magnetisches und senkrecht dazu ein elektrisches Feld wirken läßt; alle kleinen Teilchen, welche die Suspension enthält, werden sich vollständig nach der nämlichen Richtung einstellen. Die Suspension wird zuerst in der Richtung des einen, dann in der Richtung des anderen Feldes beobachtet; ist die suspendierte Materie einaxig, so wird die Suspension für die eine dieser zwei Richtungen isotrop erscheinen.

Ref.: K. Stöckl.

**2. V. Quittner** (in Zürich): **Untersuchungen über die magnetischen Eigenschaften von Magnetitkrystallen** (Diss. der Univers. Zürich 1908. — Arch. d. sc. phys. nat. Genève 1908, (4) **26**, 358—393, 455—501, 585—608. — Ann. d. Physik **30**, 289—325).

Nach der Theorie von Thomson sollten sich die regulären Körper magnetisch isotrop verhalten; indessen beobachtete P. Weiß[1]) beim Magnetit magnetische Anisotropie.

Auf Veranlassung von Weiß hat V. Quittner in dessen Institut neue Untersuchungen vorgenommen.

In seiner Einleitung bemerkt Verf. (S. 290): »Für den Fall des regulär krystallisierenden Stoffes geht das Ellipsoid (»der Hauptpermeabilitäten«) in eine Kugel über, die Substanz verhält sich in magnetischer Beziehung isotrop. Da bekanntlich dasselbe auch für die sonstigen physikalischen Eigenschaften der regulär krystallisierenden Körper zutrifft, so hat man sich allgemach daran gewöhnt, die Begriffe »regulär krystallisiert« und »isotrop« als gleichbedeutend anzusehen.« (Referent kann dieser Ansicht nicht beistimmen; wer sich mit Krystallphysik auch nur einigermaßen beschäftigt hat, dem darf gewiß nicht unbekannt sein, daß die regulären Körper in bezug auf Elasticität, Cohäsion und andere Eigenschaften im Gegensatz zu den amorphen Körpern durchaus nicht isotrop sind; zudem steht die magnetische Anisotropie des Magnetits den sogenannten optischen Anomalien der regulären Krystalle sehr nahe, welche weder zu den seltenen, noch zu den wenig beachteten Erscheinungen gehören.)

An kreisrunden Platten, die parallel der Fläche des Würfels oder des Oktaëders geschnitten waren, hat Verf. nach zwei verschiedenen Methoden magnetische Messungen ausgeführt, entweder mittels des ballistischen Galvanometers oder durch Bestimmung des Drehmomentes, das im Magnetfelde auf die geeignet aufgehängte Platte ausgeübt wird. Das äußere Feld wurde bei allen Versuchen in die Plattenebene gelegt und für jede Lage des Feldes die ihm parallele und die zu ihm normale Componente der Magnetisierungsintensität gemessen. Aus beiden läßt sich letztere nach Richtung und Intensität bestimmen.

---

1) Vergl. diese Zeitschr. **29**, 690.

Die gefundenen Werte waren bei manchen Platten unvereinbar mit den Symmetrieeigenschaften, die dem regulären System zukommen, bei anderen, auch bei solchen aus dem gleichen Krystall, waren dagegen keine derartigen Abweichungen von der Symmetrie des regulären Systems bemerkbar.

Bei schwachem Felde, $H = 31{,}5$, verhielt sich eine hexaëdrische Platte wie eine isotrope Substanz; in stärkerem Felde zeigte die parallele Componente zwei Minima in der Richtung der beiden Hauptaxen und zwei Maxima in der Richtung der beiden Diagonalen der Hauptaxen. In der Curve der Normalcomponenten von $0^0$—$180^0$ (die Winkelwerte gegen die Hauptaxe als Abscissen genommen) bildeten sich zwei Wellen. Sowohl in den beiden Axen, als auch in den beiden Diagonalen hat die normale Componente Nullpunkte (entsprechend der regulären Symmetrie); dazwischen zeigt sie abwechselnd positive und negative Werte.

Am schärfsten ist die Anisotropie nach Weiß bei einer Feldstärke von etwa 150 Einheiten. In stärkeren Feldern werden die Unterschiede in den parallelen Componenten wieder kleiner, die Curven werden demnach immer flacher und endlich erreicht die Magnetisierung in allen Richtungen den Sättigungswert $J_{max.} = 482$.

Eine andere Platte parallel (100) aus demselben Krystall zeigte in schwachem Felde $H = 31{,}5$ von $0^0$—$180^0$ nur eine einzige deutlich ausgeprägte Welle; in eine Diagonale fiel das Maximum, in die andere das Minimum. Bei stärkerem Felde verschwanden aber die Abweichungen von der regulären Symmetrie.

Für oktaëdrische Platten hatte Weiß so geringe Differenzen beobachtet, daß er der Ansicht war, die Magnetisierung parallel zur Oktaëderfläche sei isotrop. Demgegenüber beobachtete B. Bavink[1]) eine Sechszähligkeit der trigonalen Axen bezüglich der magnetischen Influenz. Verf. fand diese Anisotropie der Oktaëderplatten bestätigt. Allerdings ist die Anisotropie der Oktaëderplatten bedeutend schwächer als die der Würfelplatten. In schwachem Felde ist keine gesetzmäßige Abweichung von der Isotropie zu beobachten; bei $H = 126$ Gauß fand Verf. dagegen die gleiche Anisotropie wie Bavink. Von $0^0$—$180^0$ wurden drei Wellen beobachtet, deren Maxima in die Richtungen der Dreiecksseiten, und deren Minima in die Richtungen der auf die Oktaëderflächen projicierten krystallographischen Hauptaxen fielen. Bei $H = 298$ Gauß dagegen fand Verf. merkwürdigerweise drei Wellen, deren Maxima und Minima umgekehrt lagen wie bei 126 Gauß. Die einzelnen Wellen sind von ungleicher Größe.

Die normale Componente erscheint viel unregelmäßiger als die parallele: Bei $H = 167{,}2$ fand Verf. bei einer oktaëdrischen Platte drei gleichgroße Wellen, bei $H = 368{,}1$ nur zwei Wellen und bei $H = 757$ wieder drei Wellen, bei welchen aber Wellenberg und Wellental umgekehrt lagen wie bei $H = 167{,}2$. Diese Umkehrung steht mit der Umkehrung der parallelen Welle im Zusammenhang.

Bestimmt man die Curve der Normalcomponente, indem man bei derselben Feldstärke einmal die Scheibe von rechts nach links, das andere Mal von links nach rechts dreht, so erhält man zwei annähernd gleiche Curven, die aber in der Richtung der Ordinatenaxen gegeneinander verschoben sind. Diese Verschiebung rührt von der Hysteresis her. Die zwischen beiden Curven eingeschlossene Fläche gibt die doppelte, bei jeder vollen Umdrehung zu leistende Hysteresisarbeit. Der Abstand beider Curven voneinander ist aber nicht an allen

1) Ausz. diese Zeitschr. 1904, **42**, 509.

Stellen gleich, und die Curve, welche die Änderung dieses Abstandes darstellt, gibt einen Anhalt für die Änderung der Arbeit. Die Maxima der Hysteresiscurven liegen dort, wo die Minima der Magnetisierung der parallelen Componenten liegen, und umgekehrt.

Aus den Beobachtungen von P. Weiß am Magnetit und von J. Westmann[1]) am Hämatit hat Referent zur Erklärung der magnetischen Anisotropie des Magnetits bereits im Jahre 1901[2]) folgenden Schluß gezogen:

»Bei der Feldstärke von 150 Einheiten scheint die Magnetisierung des Magnetits bei den Weiß'schen Beobachtungen fast nur nach vier, magnetisch voneinander unabhängigen Schichtencomplexen stattgefunden zu haben. Die magnetischen Ebenen entsprechen aber nicht, wie Weiß vermutete, den Würfelflächen, sondern den Oktaëderflächen. Genau so wie bem Pyrrhotin und beim Hämatit stehen die magnetischen Ebenen zur trigonalen Axe senkrecht und bei allen drei Mineralien liegen parallel zu den magnetischen Ebenen Absonderungsflächen.« »Neben den äußerlich erkennbaren und deshalb bei dem benutzten Material wohl vermiedenen, setze ich noch eine durch äußerst feine und äußerst zahlreiche Lamellen gebildete Schichtung voraus, an welcher die vier Oktaëderflächen (»wenn die magnetische Curve der regulären Symmetrie entspricht«) in gleichem Maße beteiligt sind[3]).« V. Quittner schließt sich dieser Deutung an: Zwei andere Hypothesen, an welche man denken könnte, wenn man sich ein Bild von dem Bau des Magnetitkrystalls zu machen versucht, weist er zurück und fährt dann fort[4]): »In sehr einfacher Weise gelangen wir dagegen zu diesem Ziel mit Hilfe der zweiten von den drei angeführten Hypothesen. Wir nehmen an, der Krystall an sich sei vollkommen regulär symmetrisch, er kann aus einem einfachen kubischen Raumgitter bestehend gedacht werden. Dieser Krystall sei nun von einer Unzahl von mikroskopischen, aber im Vergleich zu den Elementen des kubischen Gitters doch sehr großen Spalten parallel den vier Flächen des Oktaëders durchzogen. Durch diese Annahme würde zugleich auch die ausgezeichnete Spaltbarkeit[5]) nach den Flächen des Oktaëders erklärt, die viele der Krystalle auszeichnet.«

(Ref. möchte noch hinzufügen, daß diese Erklärung auf Grund der vom Verf. beobachteten Abhängigkeit des Charakters der Sechszähligkeit der trigonalen Axe von der Feldstärke einer Ergänzung bedarf. Durch die Lamellierung nach den Oktaëderflächen, d. h. die Herabsetzung der orientierenden Kraft der zur Oktaëderfläche senkrechten Netzlinie, kann jene Beobachtung nicht vollständig erklärt werden; es muß noch eine wechselnde Bevorzugung solcher Netzlinien hinzukommen, welche parallel zur Oktaëderfläche liegen und von welchen je drei an und für sich, d. h. ohne diese Bevorzugung, untereinander gleichwertig wären. Eine ausführlichere, von der in dieser Zeitschr. **45**, 260 gegebenen nur wenig abweichende Darstellung behält sich Ref. vor.) Ref.: J. Beckenkamp.

**3. Z. v. Toborffy** (in Budapest): **Beiträge zur Kenntnis der ungarischen Calcite und Gypse** (Földtani Közlöny **1907**, **37**, 247—252 ungarisch, 308—313 deutsch. Mit einer Tafel).

---

1) Beiträge zur Kenntnis des Magnetismus des Eisenglanzes. Ausz. diese Zeitschr. 1897, **31**, 309.

2) Diese Zeitschr. **36**, 107. 3) Diese Zeitschr. 1906, **42**, 514. 4) S. 323.

5) Die hier in Frage kommende Erscheinung darf dem mineralogischen Sprachgebrauche entsprechend nicht als »Spaltbarkeit«, sondern nur als »Absonderung« bezeichnet werden.

Calcit von Piszke (Comitat Esztergom). An den untersuchten Krystallen kann man drei Combinationstypen unterscheiden. Die Krystalle des ersten Typus stammen vom Marmorbruche am Boczkö südlich von Piszke; sie sitzen auf hellockergelben Triaskalk; ihre Größe beträgt meistens 3—4 mm; herrschende Form ist das Prisma $m\{2\bar{1}\bar{1}\}$, an den Enden dominiert $v\{20\bar{1}\}$. Die beobachteten Formen sind:

$m\{2\bar{1}\bar{1}\} = \{10\bar{1}0\}$ $\quad$ $s\{3\bar{2}\bar{2}\} = \{05\bar{5}1\}$
$r\{100\} = \{10\bar{1}1\}$ $\quad$ $v\{20\bar{1}\} = \{21\bar{3}1\}$
$k\{4\bar{1}\bar{1}\} = \{50\bar{5}2\}$ $\quad$ $\{503\} = \{23\bar{5}8\}$
$e\{110\} = \{01\bar{1}2\}$

Die häufigste Combination ist $m$, $v$, $s$, $e$.

An den skalenoëdrischen Krystallen des zweiten Typus herrscht die neue Form $*\{90\bar{5}\}$ vor; ihr Fundort ist der Kis-Emenkes; die Krystalle sitzen auf rotbraunem Marmor. Festgestellt wurden die folgenden Formen:

$*\{90\bar{5}\} = \{9.5.\bar{1}\bar{4}.4\}$ $\quad$ $r\{100\} = \{10\bar{1}1\}$
$m\{2\bar{1}\bar{1}\} = \{10\bar{1}0\}$ $\quad$ $e\{110\} = \{01\bar{1}2\}$
$v\{20\bar{1}\} = \{21\bar{3}1\}$ $\quad$ $f\{11\bar{1}\} = \{02\bar{2}1\}$

Zur Feststellung der neuen Form, welche zur Zone $[20\bar{1} : 10\bar{1}]$ gehört, wurden gemessen:

| | Beobachtet: | Berechnet: |
|---|---|---|
| $(90\bar{5}) : (9\bar{5}0)$ | $39^0 32'$ | $39^0 21'$ |
| $(90\bar{5}) : (100)$ | 32 29 | 32 19 |

Die Kryställchen des dritten Typus stammen ebenfalls aus dem Marmorbruche des Boczkö; sie haben kugelförmigen Habitus, da die Formen $M$, $v$, $f$, $t$ im Gleichgewichte entwickelt sind. Sichergestellte Formen sind:

$M\{3\bar{1}\bar{1}\} = \{40\bar{4}1\}$ $\quad$ $v\{20\bar{1}\} = \{21\bar{3}1\}$
$r\{100\} = \{10\bar{1}1\}$ $\quad$ $\pi\{201\} = \{11\bar{2}3\}$
$f\{11\bar{1}\} = \{02\bar{2}1\}$ $\quad$ $t\{301\} = \{21\bar{3}4\}$

Calcit von Tatabánya (Comitat Komárom). Auf der Oberfläche eines Kohlenblockes saßen rhomboëdrische Calcitkrystalle von der Größe von 7—8 mm; ihre Combination war $f\{11\bar{1}\} = \{02\bar{2}1\}$ mit $e\{110\} = \{01\bar{1}2\}$.

Calcit von Toroczkó (Comitat Torda-Aranyos). In den Eisenerzgruben bei Toroczkó finden sich auf einem weißen, faserigen Kalkspat sehr kleine, wasserklare Calcitkrystalle; sie sind kurzprismatisch mit großen Flächen von $v\{20\bar{1}\}$ und $r\{100\}$. Constante Formen sind: $m\{2\bar{1}\bar{1}\} = \{10\bar{1}0\}$, $v\{20\bar{1}\} = \{21\bar{3}1\}$, $M\{3\bar{1}\bar{1}\} = \{40\bar{4}1\}$, $s\{22\bar{3}\} = \{05\bar{5}1\}$ und $e\{110\} = \{01\bar{1}2\}$; unsichere Formen sind: $x\{302\} = \{12\bar{3}5\}$, $n\{13.1.\bar{2}\} = \{41\bar{5}4\}$, $\{70\bar{2}\} = \{72\bar{9}5\}$.

Gyps von Igmánd (Comitat Komárom). Der Gyps kommt im Schlamme der Bitterwasserquellen vor und bildet keulen-kopfförmige Gruppen von 5—10 mm großen Individuen, oder einzelne größere (5 cm) Krystalle. Die Individuen sind in klinodiagonaler Richtung gestreckt und haben prismatischen Habitus; infolge der Rundung der Flächen entstehen oft die sogenannten Gypslinsen. Beobachtete Formen: $l\{111\}$, $n\{\bar{1}11\}$, $\lambda\{103\}$, $n\{\bar{1}33\}$, $b\{010\}$, diese letztere wahrscheinlich nur als Spaltungsfläche.

Ref.: K. Zimányi.

**4. F. Schafarzik** (in Budapest): **Mineralogische Mitteilungen** (Földtani Közlöny 1908, 38, 590—592 ungarisch, 657—659 deutsch).

1 km SO von der Gemeinde Nadap im Comitate Fejér liegt ein Steinbruch, in welchem durch Granitit ein ca. 40 m breiter Gang von Pyroxenandesit durchbricht.

In dem glimmerarmen und etwas verwitterten Granitit fand der Verf. ein Molybdänitnest von ca. zweihellergroßen Putzen, das Mineral umgaben bläulichgraue Quarzkörner. Es ist dies das erste Vorkommen von Molybdänit in Ungarn, welches aus eigentlichem Granit bekannt wurde.

Die Hohlräume und flachen Klüfte des Pyroxenandesites sind meistens mit Zeolithen, mit jüngerem Calcit und in diesen eingestreut kleinen Pyritkrystallen ausgefüllt; der Desmin bildet Krystallgruppen, der Chabasit kommt in $\{10\bar{1}1\}$ vor, B. Mauritz entdeckte noch Heulandit und Epistilbit. Der violettblaue Fluorit ist von Calcit überzogen und bildet 3—5 mm große Kryställchen, an welchen $o\{111\}$ dominiert und $a\{100\}$ untergeordnet auftritt. Nadap ist der zweite Fundort des Fluorits im ungarischen Mittelgebirge.

Ref.: K. Zimányi.

**5. B. Mauritz** (in Budapest): **Über einen neuen Zeolithfundort (vorläufiger Bericht)** (Ebenda 190 ungarisch, 231 deutsch).

**Derselbe: Zeolithe von Nadap** (Ann. hist.-natur. Musei Nation. Hungarici 1908, 6, 537—545 ungar., 546—554 deutsch. Mit einer Tafel und 5 Textfig.).

Den Granit zwischen Székesfehérvár und Velencze (Comitat Fejér) durchbricht an mehreren Stellen Andesit und Dacit; in einem Steinbruche zwischen Velencze und Nadap, wo frischer Andesit gewonnen wird, ist ein Durchbruch gut aufgeschlossen. In dem frischen, bläulichgrauen Andesit finden sich oft Graniteinschlüsse; an manchen Stellen ist das Gestein infolge postvulkanischer Wirkungen sehr verändert. In den Spalten und Hohlräumen des verwitterten Andesites finden sich hauptsächlich Zeolithe; es kommen an diesem Fundorte noch folgende Mineralien vor: Calcit, Amethyst, Pyrit, Fluorit und ein für Ungarn neuer Zeolith, der Epistilbit. Die älteste Bildung ist der Amethyst, in aufgewachsenen und stark gestreiften Prismen, meistens nur mit $r\{10\bar{1}1\}$, selten auch mit untergeordnetem $z\{01\bar{1}1\}$. Der Fluorit ist noch seltener und findet sich in ganz kleinen Oktaëdern. In großer Menge kommt Pyrit in kleinen (bis 3 mm) Pentagondodekaëdern vor, oft in Limonit umgewandelt. Die paragenetische Reihenfolge der Zeolithe ist die folgende: die älteste Bildung ist der Epistilbit, auf welchen Heulandit, Chabasit, Desmin und als letztes Mineral Calcit folgen. Im Andesit von Nadap finden sich dieselben Zeolithe, welche auch in Island gemeinsame Paragenese haben.

Der Epistilbit ist meistens gut krystallisiert und bildet nur Zwillinge, die oft fächerartig aneinander gewachsen sind. Es wurden folgende Formen beobachtet: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $u\{011\}$ und $a\{100\}$, letztere nur als Zwillingsfläche, welche zugleich die häufigste ist; selten findet man Zwillinge nach $m\{110\}$; die Individuen befinden sich entweder in Juxtaposition oder in Penetration.

Die Krystalle sind gewöhnlich wasserklar, und obwohl die Flächen von $c$, $m$ und $b$ meistens ausgezeichnet spiegeln, weichen die Winkelwerte von jenen früherer Beobachter ab; wegen zu geringen Analysenmaterials konnte die Ursache nicht ergründet werden. Die optische Axenebene ist parallel zu $b\{010\}$, die stumpfe Bisectrix c im stumpfen Winkel $\beta$ bildet mit der verticalen Axe $8\frac{1}{2}^0$ im weißen Lichte. Die Doppelbrechung ist negativ, $\beta = 1{,}5$ ca., $2E_a = 70^0$ ca.;

die gekreuzte Dispersion ist schwach. Beim Erwärmen treten dieselben optischen Veränderungen ein, wie sie schon Rinne für andere Epistilbitvorkommen beschrieb. Bei stärkerem Erhitzen wird der Epistilbitkrystall optisch rhombisch, es wird $c = \mathfrak{c}$, $a = \mathfrak{b}$, $b = \mathfrak{a}$ und die optische Axenebene mit $a\{100\}$ parallel; wird der Krystall in Öl oder Canadabalsam eingebettet, wodurch die Wasseraufnahme verhindert wird, so bleibt die rhombische Symmetrie.

Der Heulandit ist viel häufiger; die Krystalle erreichen auch 1 cm Größe; gewöhnlich sind dieselben farblos oder weiß; beobachtete Formen: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $t\{201\}$, $s\{\bar{2}01\}$, $x\{021\}$, $u\{\bar{1}11\}$, von welchen $m$ untergeordnet, $x$ und $u$ sehr selten auftreten. Die Krystalle sind mehr oder weniger dicke Tafeln nach $b\{010\}$ und nach den Kanten $[s:b]$ etwas gestreckt. Die optische Axenebene steht senkrecht zu $b\{010\}$; die Krystalle sind aber optisch nicht homogen, was man an den von einem Krystalle erhaltenen Spaltblättchen sehen kann. Das äußerste Spaltblättchen ist optisch homogen, die Auslöschung bei weißem Lichte $a:\mathfrak{a} = 16^0—18^0$ im stumpfen Winkel $\beta$, der Axenwinkel groß, aber veränderlich, $2E = 70^0—90^0$, die Dispersion stark, $\varrho < v$. Im nächsten (inneren) Spaltblättchen ist nur der mittlere Teil homogen, an der Peripherie besteht es aus mehreren Sectoren, in welchen die Auslöschung eine andere ist, $\mathfrak{a}$ befindet sich aber immer im stumpfen Winkel $\beta$. In diesen Sectoren ist der Axenwinkel viel kleiner wie im mittleren Teile. An zwei Krystallen wurde für $a:\mathfrak{a}$ gemessen:

| | 1. Krystall: | 2. Krystall: |
|---|---|---|
| Im mittleren Felde | $16^0$ | $17\frac{1}{2}^0$ |
| Im Sector bei $c\{001\}$ | $6^0$ | $10^0$ |
| - - - $s\{\bar{2}01\}$ | $0^0$ | $8^0$ |

Die einzelnen Sectoren verhalten sich so, als ob sie Zwillingsstreifung zeigten, sie liegen parallel den äußeren Krystallflächen $c\{001\}$, $t\{201\}$, $s\{\bar{2}01\}$ und $m\{110\}$. Beim Erwärmen tritt infolge des Wasserverlustes optische Veränderung ein, das Verhalten ist sehr ähnlich demjenigen des Heulandits von Andreasberg.

Von zwei Stufen genommenes Analysenmaterial ergab folgende chemische Zusammensetzung:

| | I. Stufe: | II. Stufe: |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 56,57 | 56,71 |
| $Al_2O_3$ | 16,93 | 17,30 |
| $CaO$ | 6,91 | 7,05 |
| $SrO$ | 0,93 | 0,88 |
| $Na_2O$ | 1,68 | 1,80 |
| $K_2O$ | 1,25 | 1,37 |
| $Li_2O$ | Spuren | Spuren |
| $H_2O$ | 16,15 | 15,87 |
| | 100,42 | 100,98 |

Der Chabasit kommt auch in größeren (3 cm) Krystallen vor, welche von $r\{10\bar{1}1\}$ und selten von dem Gegenrhomboëder begrenzt sind; meistens sind sie trübe, selten farblos durchsichtig.

Der Desmin findet sich in größerer Menge, gewöhnlich garbenförmig oder radialstrahlige Kugeln bildend, nur mit terminalen Flächen; gut ausgebildete, kleine Zwillinge nach $c\{001\}$ sind sehr selten; die beobachteten Formen sind: $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $f\{\bar{1}01\}$.

Die chemische Zusammensetzung der lichtgelb gefärbten garbenförmigen Aggregate ist:

| | I. Stufe: | II. Stufe: |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 55,79 | 55,78 |
| $Al_2O_3$ | 17,05 | 16,70 |
| $Fe_2O_3$ | Spuren | Spuren |
| $CaO$ | 7,82 | 7,86 |
| $Na_2O$ | 1,46 | 1,56 |
| $K_2O$ | 0,20 | 0,26 |
| $H_2O$ | 18,65 | 18,79 |
| | 100,97 | 100,95 |

Die gelblichen Krystalle des Calcits sind Rhomboëder $f\{02\bar{2}1\}$, häufig Aggregate vieler Individuen in paralleler Stellung. Zwillinge nach $e\{01\bar{1}2\}$, auch Vierlinge nach demselben Gesetz.

Ref.: K. Zimányi.

**6. A. Liffa** (in Budapest): **Beiträge zur krystallographischen Kenntnis der ungarischen Pyrite** (Földtani Közlöny 1908, 38, 276—294 ungarisch, 405—423 deutsch. Mit zwei Tafeln).

1. Pyrit aus der Umgebung von Kazanesd. Der Schwefelkies kommt in der Umgebung von Kazanesd (Comitat Hunyad) in ausgedehnten Nestern und Stöcken vor, welche im Diabas und Quarzporphyr liegen. In neuerer Zeit wird der Schwefelkies hier bergmännisch gewonnen. Der Verf. untersuchte Pyritkrystalle von Csungány und Almásel.

Der Pyrit von Csungány bildet Drusen in dem graulichgelben Erze; die Krystalle sind meistens klein und wegen der beginnenden Verwitterung sehr zerbrechlich. Manche Drusen werden von Quarzkryställchen durchzogen, die Kieselsäure infiltrierte wahrscheinlich die feinsten Sprünge der Erzmasse, wie dies auch die chemische Analyse der Krystalle bestätigt; die Zusammensetzung nach der Analyse Koloman Emszt's ist:

| | | |
|---|---|---|
| *Fe* | 45,36. | Äquival. = 0,081 = 1 |
| *As* | Spuren | |
| *Ni* | 0,05 | |
| *S* | 51,61 | - = 0,161 = 2 |
| Kieselsäure | 2,84 | |
| | 99,86 | |

Die Kryställchen sind arm an Formen; es kommen hexaëdrische und pentagondodekaëdrische Combinationen vor; die ersteren sind häufiger, aber viel kleiner; beobachtete Formen: $a\{100\}$, $o\{111\}$ und $e\{210\}$.

Die zu goniometrischen Zwecken geeigneten Krystalle von Almásel kommen in Quarzit eingesprengt vor; beobachtet wurden folgende Formen, von welchen die mit einem * bezeichneten für den Pyrit neu sind:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $a\{100\}$ | $e\{210\}$ | $\{533\}$ | $*\{987\}$ |
| $o\{111\}$ | $n\{211\}$ | $*\{863\}$ | $*\{11.7.6\}$ |

Die neuen Dyakisdodekaëder wurden mit je einer gut spiegelnden Fläche durch die Zonen und gemessenen Normalwinkel bestimmt. $*\{386\}$ gehört zu den Zonen $[010 : 102 = 20\bar{1}]$ und $[121 : \bar{1}02 = 4\bar{3}2]$;

| | Gemessen: | Berechnet: |
|---|---|---|
| $(386) : (010)$ | $= 39^0 36'$ ca. | $39^0 58' 50''$. |

*{7.6.11} liegt in den beiden Zonen [102 : 121 = $\bar{4}12$] und [112 : 211 = $1\bar{3}\bar{1}$];

| | Gemessen: | Berechnet: |
|---|---|---|
| (11.7.6) : (102) = | 25° 22′ | 25° 21′ 48″ |
| : (121) = | 31 0½ | 31 25 33. |

*{987} gehört zur Zone [111 : 210 = $\bar{1}2\bar{1}$];

| | Gemessen: | Berechnet: |
|---|---|---|
| (987) : (111) = | 5° 37′ | 5° 49′ 40″. |

Diese letztere Form will Verf. trotz des guten Reflexes der ziemlich breiten Fläche wegen der nahen Lage zum Oktaëder nur mit Vorbehalt zu den sicher bestimmten rechnen.

Die Krystalle sind hexaëdrisch, oktaëdrisch, pentagondodekaëdrisch und sogenannte »Mittelkrystalle« des {111} und {100}; am flächenreichsten sind die oktaëdrischen. Es wurde an einem kleinen Krystalle auch eine meroëdrische Entwickelung der Formen beobachtet; durch die Verlängerung der vier Flächenpaare des Ikositetraëders $n\{211\}$ in der Richtung einer tetragonalen Axe erscheint der Krystall als eine ditetragonale Pyramide, deren Ecken an der verticalen Axe durch eine spitzere $o\{111\}$ und stumpfere $n\{211\}$ untergeordnete Pyramide erster Ordnung modificiert werden; vier kleine Flächen des Hexaëders treten als Prisma zweiter Ordnung auf.

Pyrit von Porkura. An den untersuchten Krystallen wurden folgende Formen festgestellt, von welchen die mit einem * bezeichneten für den Pyrit neu sind, und das mit (?) versehene negative Pentagondodekaëder unsicher ist.

| | | |
|---|---|---|
| $a\{100\}$ | $h'\{140\}$ | $p\{221\}$ |
| $d\{110\}$ | $o\{111\}$ | $\Sigma\{532\}$ |
| $e\{210\}$ | *{544} | $s\{321\}$ |
| $e'\{120\}$ | *{15.8.8} | $t\{421\}$ |
| *{470} (?) | $n\{211\}$ | *$t'\{142\}$ |

Es konnten vier Combinationstypen unterschieden werden, je nachdem $a\{100\}$, $o\{111\}$, $e\{210\}$ als vorwaltende Form auftritt, oder die Hexaëder- und Oktaëderflächen im Gleichgewicht entwickelt sind. Von den negativen Formen ist nur (120) breit und gut entwickelt; die übrigen sind schmal und klein, jedoch haben alle rauhe, schwach reflectierende Oberflächen. $t'\{241\}$ wurde bestimmt durch die Zonen [010 : 211 = $10\bar{2}$] und [121 : 001 = $2\bar{1}0$], das Ikositetraëder *{544} hingegen durch [$0\bar{2}1$ : 211 = $\bar{3}24$] und [$1\bar{1}2$ : $1\bar{1}1$ = 110]. Für die neuen Formen wurden folgende Winkel gemessen:

| | Gemessen: | Berechnet: |
|---|---|---|
| (241) : (121) = | 11° 25½′ | 11° 29′ 25″ |
| : (010) | 30 22 | 29 12 21 |
| (15.8.8) : (111) | 17 38½ | 17 42 48 |
| (544) : (111) | 6 12 | 6 12 31 |

In einer Tabelle sind für die übrigen Formen die Winkel zusammengestellt; für die neuen Formen hat der Verf. auch die auf das zweikreisige Goniometer bezogenen Positionswinkel berechnet.

Ref.: K. Zimányi.

**7. M. Löw** (in Budapest): **Die krystallographischen Verhältnisse der Cerussite von Rézbánya** (Földtani Közlöny 1908, 38, 165—179 ungarisch, 205—220 deutsch. Mit zwei Tafeln und 1 Textfigur).

Der Verf. unterzog das altbekannte Cerussitvorkommen von Rézbánya einer eingehenden krystallographischen Untersuchung; das reichhaltige Material stammte aus der Mineraliensammlung des ungarischen Nationalmuseums.

An den untersuchten Krystallen lassen sich fünf Typen unterscheiden, und zwar: 1) nach der Brachydiagonale verlängerte, 2) nach $a\{100\}$ tafelige, 3) nach $b\{010\}$ tafelige, 4) nach $c\{001\}$ tafelige, 5) nach der Verticalaxe säulenförmige Krystalle.

Es wurden vom Verf. zusammen 35 Formen beobachtet, von welchen 13 für diesen Fundort neu sind, und die vier Brachydomen für den Cerussit überhaupt neu; A. Lévy[1]) zählte von Rézbánya 13, Peters[2]) 18 und Schrauf[3]) 21 Formen auf.

| | | |
|---|---|---|
| $a\{100\}$ | $t\{061\}$ | $x\{012\}$ |
| $b\{010\}$ | $*D\{0.11.2\}$ | $y\{102\}$ |
| $c\{001\}$ | $n\{051\}$ | $A\{304\}$ |
| $m\{110\}$ | $z\{041\}$ | $\pi\{302\}$ |
| $V\{350\}$ | $*C\{072\}$ | $g\{113\}$ |
| $r\{130\}$ | $v\{031\}$ | $o\{112\}$ |
| $\mathfrak{h}\{0.14.1\}$ | $R\{052\}$ | $p\{111\}$ |
| $\mathfrak{g}\{0.10.1\}$ | $i\{021\}$ | $\varphi\{131\}$ |
| $\mathfrak{n}\{091\}$ | $*B\{095\}$ | $s\{121\}$ |
| $\zeta\{081\}$ | $S\{032\}$ | $w\{211\}$ |
| $u\{071\}$ | $k\{011\}$ | $\mu\{324\}$ |
| $*M\{0.13.2\}$ | $q\{023\}$ | |

Die Krystalle des ersten Typus sind am häufigsten; die farblosen sind größer und formenreicher, die grauen oder bräunlichen — mit denselben charakteristischen Formen — kleiner, aber nicht so flächenreich. Folgende Combinationen werden angeführt:

$b, p, \mathfrak{h}, i, k, x, v, y, r, a, o, z, n, t, g;$
$y, b, i, x, k, v, o, r, p, g, \varphi, z, n, t, \mathfrak{n}, \mu;$
$y, b, x, i, k, p, a, r, \varphi, m, o, v, z, n, t, \mathfrak{n};$
$y, x, b, a, p, r, s, \varphi, m, k, i, o, z, n, t, o, g.$

Zum zweiten Typus gehörte nur ein, von den übrigen auffallend verschieden entwickelter Krystall, an welchem die so häufigen Formen $x\{012\}$ und $y\{102\}$ fehlten; die Combinationen zeigten folgende Formen: $a, v, i, b, p, m, r, k, c, n, *D, \mathfrak{n}$. Zwillinge wurden hier nicht beobachtet.

Die Krystalle des dritten Typus sind größtenteils nach der Brachydiagonale gestreckt; es wurden folgende Combinationen beobachtet:

---

1) Description d'une Collection des Minéraux 1837, 2, 429—445.

2) Sitzungsber. d. Wiener Akad. 1861, 44, 154.

3) Tschermaks Miner. Mitteil. 1873, 203—212 und Atlas d. Krystallformen 1878, 5. Heft, Tafel XLI—XLIII. Schrauf gibt auch $t\{061\}$, $h\{114\}$ und $g\{113\}$ an, welche in der Zusammenstellung des Verfs. fehlen.

$b$, $p$, $y$, $m$, $a$, $r$, $s$, $\varphi$, $o$, $g$, $x$, $q$, $k$, $i$, $v$, $z$, $n$;
$b$, $m$, $x$, $p$, $y$, $o$, $r$, $g$, $k$, $i$, $v$, $z$, $n$, $o$, $t$, $u$, $\xi$, $\mathfrak{g}$;
$b$, $\pi$, $a$, $m$, $p$, $r$, $s$, $\varphi$, $w$, $x$, $y$, $k$, $i$, $v$, $z$, $R$, $*C$, $n$, $*D$, $t$, $*M$, $u$, $\zeta$, $\mathfrak{n}$, $\mathfrak{g}$, $A$.

Bei den tafelförmigen Krystallen des vierten Typus sind die häufigsten Formen: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $p\{111\}$, $y\{102\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$ und $r\{130\}$; an einer Combination wurden festgestellt:

$c$, $b$, $p$, $y$, $r$, $m$, $a$, $x$, $k$, $i$, $v$, $z$, $n$.

Die Krystalle des fünften Typus sind nach der verticalen Axe gestreckte oder nadelförmige, oft ein hexagonales Prisma und Pyramide nachahmende Durchkreuzungszwillinge.

Zwillinge sind sehr häufig, und zwar waren dieselben nur nach $m\{110\}$ gebildet. Bei den Zwillingen des ersten Typus sind die Individuen entweder von sehr verschiedener Größe, oder sie sind gleich groß; wenn bei letzteren $y\{102\}$ und $o\{011\}$ vorherrscht, zeigen dieselben pyramidalen Habitus. Die Combinationen dieser Zwillinge sind:

$y$, $o$, $b$, $x$, $a$, $m$, $r$, $p$, $g$, $s$, $\varphi$, $k$, $S$, $i$, $v$, $n$, $t$, $u$;
$g$, $y$, $b$, $p$, $x$, $k$, $i$, $v$, $m$, $o$, $r$, $q$, $n$, $*B$, $*D$;
$y$, $g$, $x$, $b$, $p$, $m$, $r$, $k$, $q$, $i$, $z$, $n$.

An einem nach $c\{001\}$ tafeligen Zwilling wurde das für Rézbánya neue Prisma $V\{350\}$ mit großen Flächen beobachtet, es wird gebildet von den Formen: $c$, $b$, $V$, $r$, $m$, $a$, $y$, $p$, $n$, $v$, $i$, $k$, $x$.

Die Durchkreuzungszwillinge werden von drei oder vier Individuen gebildet, welche entweder tafelförmig nach $b\{010\}$ sind oder die bereits erwähnten prismatisch-nadelförmigen Krystalle bilden.

An einem Durchkreuzungsdrilling wurden folgende Formen festgestellt: $b$, $p$, $m$, $r$, $y$, $a$, $\varphi$, $x$, $k$, $g$, $o$.

Die neuen Formen wurden auf Grund folgender Winkelmessungen bestimmt:

| | | Gemessen: | Berechnet: |
|---|---|---|---|
| $M:b$ | $=(0.13.2):(010)$ | $= 12^0\ 9'$ | $12^0\ 0'\ 46''$ |
| $D:b$ | $=(0.11.2):(010)$ | $14\ 6 — 14^0\ 10'$ | $14\ 6\ 57$ |
| $C:b$ | $=(072):(010)$ | $21\ 35$ | $21\ 33\ 46$ |
| $B:b$ | $=(095):(010)$ | $37\ 23$ | $37\ 32\ 19$ |

Auf zwei lithographierten Tafeln sind die schönen Combinationen und in einer sphärischen Projection sämtliche Cerussitformen dargestellt. Am Schlusse seiner Arbeit stellte der Verf. die berechneten Normalwinkel für sämtliche bis jetzt bekannte Formen dieser Mineralspecies zusammen.

Ref.: K. Zimányi.

**8. St. Gaál** (in Déva): **Die Dévaër Kupfergrube** (Bányászati és Kohászati Lapok 1908, 46, 689—701 ungarisch. Mit 8 Textfiguren).

Die Arbeit ist vorwiegend geologisch-bergmännischen Inhalts; der Verfasser gibt eine kurze geologische Übersicht der Umgebung von Déva, und auf Grund der vorhandenen Literatur eine sehr gedrängte petrographische Charakteristik der Hornblende-Andesite des Bezsán- (»Petrosza«), Nagy- (»Decebal«), Szár- und

Vár-Berges, welche sich am rechten Ufer des Maros-Flusses erheben. Die Kupfererze werden im »Borbála«-Stollen am Nagy-Berge gewonnen; das Gestein ist bräunlichgrau mit großen Hornblende- und Feldspatkrystallen; das aus der Grube stammende Gestein ist in eine Art Grünstein umgewandelt.

Das hauptsächlichste Erz der Gänge ist derber Kupferkies, welcher jedoch in den tieferen Horizonten sich in großen Krystallen findet; in einer Tonne Erz wurde 2 g Silber und 0,5 g Gold nachgewiesen. Ein häufiger Begleiter, hauptsächlich in den höheren Horizonten, ist der krystallisierte Schwefelkies[1]); an weiteren Mineralien sind noch Malachit, Eisenglanz als sehr dünne, rot durchscheinende Blättchen, hauptsächlich im porösen Gestein, vorhanden; Quarz und Kalkspat in aufgewachsenen Krystallen sind häufig genug, Dolomit ist selten, Chalkanthit, Melanterit und Gyps. Ref.: K. Zimányi.

**9. J. Maros** (in Budapest): **Pyrit von Déva, Comitat Hunyad, Ungarn** (vorläufiger Bericht) (Földtani Közlöny 1908, 38, 189 ungarisch, 230 deutsch).

Die untersuchten Pyrite stammen aus dem Kupferbergwerke bei Déva und sitzen auf verwittertem Andesit; als Begleitminerale kommen vor Chalkopyrit, Quarz, Hämatit, Calcit, Malachit, Gyps, Chalkanthit und ein noch nicht näher untersuchtes Eisensulfat. An den kleinen, flächenreichen Krystallen wurden folgende zwölf Formen festgestellt, von welchen eine negativ ist:

| | |
|---|---|
| {100} | {211} |
| {110} | {311} |
| {111} | {533} |
| {210} | {421} |
| {230} | {321} |
| {221} | {721} |

Die Combinationen sind von zweierlei Art: entweder sind {210} und {111} im Gleichgewichte entwickelt, oder das Oktaëder ist die vorherrschende Form. Winkelmessungen und Krystallzeichnungen werden bei der ausführlichen Beschreibung mitgeteilt werden. Ref.: K. Zimányi.

**10. J. Loczka** (in Budapest): **Chemische Analyse des Plumosits von Felsőbánya** (Ann. histor.-natur. Musei Nation. Hungar. 1908, 6, 583—586 ungarisch, 586—590 deutsch).

Der Verf. analysierte einen Plumosit aus der Sammlung des ungarischen Nationalmuseums; über das Vorkommen teilt er auf Grund einer brieflichen Mitteilung vom Bergrat Karl Baumerth Folgendes mit:

Der Plumosit von Felsőbánya kommt auf zweierlei Art vor: 1) Das lose, filzige Gewebe des Plumosits füllt vollkommen den Drusenraum aus; im Plumosit sind mehr oder weniger kleine Quarzkrystalle und sehr dünne von Plumositfäden grau gefärbte Baryttäfelchen eingebettet. 2) Der Plumosit bedeckt als etwas dichterer filziger Überzug nur die Wände der Drusenräume und ist mit kleinen Quarz- und Barytkryställchen bestreut, welche letztere weiß und dicktafelig sind, mit wenigen eingeschlossenen Plumositfäden. Das erste Vorkommen ist viel häufiger, zuweilen ist es so reich, daß man aus einem Drusenraume kistenweise Plumosit erhalten kann.

1) Vergl. das folgende Referat.

Das Erz ist von dunkelstahlgrauer Farbe; die sehr dünnen Fäden bilden eine mehr oder weniger lockere filzartige Masse, in welcher sich auch sehr zierliche, dünne Ringe von $\frac{1}{2}$—1 mm Durchmesser finden, einzelne Fäden verzweigen sich am Ende federartig. Die kleinen (1—2 mm) grauweißen Quarzkrystalle sind gewöhnlich doppelendig und haben unebene Flächen; sie machen etwa 10 % der ganzen Masse aus.

Trotz der sorgfältigen Reinigung des Analysenmaterials blieb noch etwa 0,5 % Quarz zwischen den Fäden. Verf. hebt hervor, daß keine Spur von Pyrit zwischen den Fäden zu finden war.

Um zu entscheiden, ob der Plumosit etwa auch Antimonitfäden enthält, wurde das Erz in eine 25 %ige Natriumhydroxydlösung gelegt, wobei die Fäden ihren vollkommenen Glanz und Farbe behielten, sodaß also kein Antimonit vorhanden war. Der Verf. beschreibt ausführlich, wie sich das Mineral der verschiedenen Reagenzien gegenüber verhält. Das feingepulverte und getrocknete Mineral wurde im trockenen Chlorstrome zersetzt, und die Bestandteile nach den gebräuchlichen Methoden bestimmt. Es wurde gefunden:

| | Gefunden: | Berechnet für $S_{14}Sb_6Pb_4Fe = 4PbS.FeS.3Sb_2S_3$ |
|---|---|---|
| *S* | 21,59 | 21,87 |
| *Sb* | 35,80 | 35,06 |
| *Pb* | 39,38 | 40,34 |
| *Cu* | Spur | — |
| *Fe* (*MnZn*)[1] | 2,87 | 2,73 |
| Unlösl. Rückstand | 0,50 | — |
| | 100,14 | 100,00 |

Wegen des Herausfließens einzelner, sehr dünner Fäden des Plumosits beim Füllen des Pyknometers mit Wasser wurde das specifische Gewicht nicht bestimmt.

[Anmerkung des Referenten. Auffallend ist die übereinstimmende Zusammensetzung dieses Plumosits von Felsőbánya mit dem Warrenit (Eakins)[2], welchen L. J. Spencer[3] für identisch mit Jamesonit hält.]

Ref.: K. Zimányi.

**11. Al. von Kalecsinszky** (in Budapest): **Mitteilungen aus dem chemischen Laboratorium der königl. ungar. geologischen Anstalt. XV. Reihe 1905—1907** (aus dem Jahresbericht der königl. ungarisch geologischen Anstalt für 1907. Ungarisch und deutsch separat erschienen. Budapest 1909, 294—314).

Im ersten Teile gibt der Verf. eine kurze Geschichte des chemischen Laboratoriums und zählt die dortselbst während der Jahre 1905—1907 ausgeführten und publicierten Arbeiten auf. Im zweiten Teile werden 34 chemische Analysen mitgeteilt (größtenteils von verschiedenen Kalksteinen, Kohlen und Tonen; nur zwei Mineralanalysen); schließlich im dritten Teile ein besonderer Bericht E. Budai's über Salzwasserproben vom siebenbürgischen Becken. Der weiße Kaolin von Kovászó hat die Zusammensetzung:

---

1) Nach einer annähernden Bestimmung ist $Mn = 0{,}12\,\%$ und $Zn = 0{,}10\,\%$.
2) Ref. diese Zeitschr. 1890, **17**, 411 und 1892, **20**, 408.
3) Ref. diese Zeitschr. 1909, **46**, 620.

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 48,71 |
| $Al_2O_3$ | 35,16 |
| $Fe_2O_3$ | 1,10 |
| $MgO$ | 0,34 |
| $CaO$ | 1,26 |
| Hygroskop. $H_2O$ | 3,15 |
| Glühverlust | 10,37 |
| | 100,09 |

Magnesit von Jolsva enthält in 100 Gewichtsteilen:

| | |
|---|---|
| $H_2O$ | 0,338 |
| $CO_2$ | 49,200 |
| Rückstand | 50,461 |
| | 99,999 |

Resultat der vollständigen Analyse:

| | |
|---|---|
| $MgCO_3$ | 72,254 |
| $CaCO_3$ | 25,425 |
| $FeO$ | 2,012 |
| $H_2O$ | 0,338 |
| Unlösl. Rückstand | 0,258 |
| | 100,287 |

Ref.: K. Zimányi.

**12. L. Benedek** (in Budapest): **Über die chemische Constitution des Pyrits und Braunsteins** (Magy. Chemiai Folyóirat 1908, **14**, 85—88 ungarisch).

Der Verf. bewies unmittelbar die Richtigkeit der Auffassung Loczka's (diese Zeitschr. 1894, **23**, 501) über die chemische Constitution des Pyrits.

Reiner Pyrit wurde bei durchgeleitetem $CO_2$-Strome im elektrischen Ofen bis zur Rotglut erhitzt; der Pyrit gibt die halbe Menge seines Schwefels ab, und Ferrosulfid bleibt zurück.

Es bleibt ebenfalls eine Ferroverbindung zurück, wenn man den Pyrit in Wasserdampf bei einer Temperatur von 300°—400° C. so lange erhitzt, bis er die halbe Menge seines Schwefels verloren hat; der Wasserdampf zersetzt das Ferrosulfid nach der Formel:

$$FeS + H_2O = FeO + H_2S.$$

Die Vollendung der chemischen Reaction wird durch das Aufhören der Entwickelung des Schwefelwasserstoffes angezeigt.

10,034 g Pyrit wurde sechs Tage auf diese Weise erhitzt; es konnte darnach keine Spur Schwefel mehr nachgewiesen werden; das zurückgebliebene 6,309 g $FeO$ entspricht nahezu derselben Menge, welche man für 10 g Pyrit berechnet erhalten würde.

Bei der chemischen Umwandlung kann keine Reduction erfolgen, auch kann von einer Dissociation einer Ferriverbindung nicht die Rede sein. Der Pyrit wäre demnach eine mit Schwefel übersättigte Ferroverbindung, welche beim Erhitzen Schwefel abgibt und Ferrosulfid zurückläßt.

Der Verf. versuchte auch die chemische Umwandlung, welche bei der Behandlung des Pyrites mit heißer concentrierter Schwefelsäure vor sich geht (wobei sich $H_2S$ bildet und viel $S$ abscheidet), in Gleichungen auszudrücken. —

Nach Muspratt geht der Braunstein $MnO_2$ beim Erhitzen zuerst nach 9% Sauerstoffverlust in $Mn_2O_3$, beim weiteren Erhitzen nach 12% Verlust in Manganomanganioxyd $Mn_3O_4$, endlich in Manganooxyd $MnO$ über.

Der Verf. erhitzte den Braunstein in Wasserstoff, es entstand zuerst $Mn_2O_3$, bei 280° C. Temperatur $Mn_3O_4$, endlich $MnO$. Im elektrischen Ofen wurde 0,2512 g $MnO_2$ bis zur Rotglut erhitzt, nach $1\frac{1}{2}$ Stunden war der Sauerstoffverlust 0,0298 g = 11,86%; die chemische Umsetzung kann man durch die Gleichung $3MnO_2 = Mn_3O_4 + 2O$ ausdrücken.

Das Manganperoxyd ist eine übersättigte Sauerstoffverbindung, wahrscheinlich eine dreifache Verbindung des $MnO_2$; nach Elliot und Storer wäre es Manganimanganat $Mn_2O_3.MnO_3$.

Ref.: K. Zimányi.

**13. L. Sz. Szathmáry** (in Budapest): **Das Vorkommen der Calciumsilicate im Cement** (Vegyészeti Lapok 1907, 2, Nr. 7 ungarisch).

**Derselbe: Studien und kritische Bemerkungen über die Constitution des Cementes** (Bányászati és Kohászati Lapok 1908, 46, 635—652 ungarisch).

In beiden Arbeiten ist derselbe Gegenstand, und zwar in der zweiten ausführlicher, behandelt; sie sind vorwiegend von chemisch-technischem Interesse. Es werden die Resultate der vielen bisherigen Untersuchungen kritisch zusammengefaßt und durch des Verfs. eigene Beobachtungen ergänzt. Auf chemisch-synthetischem Wege kann man sehr verschiedene $Ca$-Silicate herstellen, von welchen jedoch einige wahrscheinlich nur als feste Lösungen zu betrachten sind. Bezüglich der Frage, welche $Ca$-Silicate in den Cementen vorkommen, gelangte der Verf. zu keinem positiven Resultate; von den $Ca$-Aluminaten kommt wahrscheinlich $2CaO.Al_2O_3$ im Cement vor.

Im Zusammenhang mit seinen Untersuchungen analysierte der Verf. einen Wollastonit[1]) von Csiklova, dessen Zusammensetzung:

| | |
|---|---|
| $CaO$ | 49,49 |
| $SiO_2$ | 44,95 |
| $Fe_2O_3$ | 0,58 |
| $CO_2$ | 4,31 |
| $H_2O$ | 0,58 |
| | 99,91 |

Ref.: K. Zimányi.

1) Wahrscheinlich unreinen. Anmerk. d. Refer.

CARTE GÉOLOGIQUE DÉTAILLÉE DE LA FRANCE

# XXIV. Pneumatolytische Hornblende vom Mont Dore, Département Puy-de-Dôme, Frankreich.

Von

**F. N. Guild** in Tucson, Arizona.

Übersetzt von W. Brendler.

(Mit 5 Textfiguren.)

Mineralien, welche durch pneumatolytische Wirkung gebildet wurden, sind wegen der oft vorzüglichen Ausbildung ihrer Formen und wegen der bemerkenswerten physikalischen und chemischen geologischen Bedingungen, welche zu ihrer Entstehung Veranlassung gaben, besonders interessant.

Die bislang am besten erforschten dieser Mineralien sind — vielleicht wegen ihres wirtschaftlichen Wertes — jene, welche häufig in Pegmatiten gefunden werden. Kaum weniger sorgfältig wurden jedoch auch diejenigen Mineralien pneumatolytischer Herkunft untersucht, welche in Fumarolen neueren und älteren Ursprungs an Vulkanen vorkommen.

Lacroix, welcher derartige Mineralien aus der Nachbarschaft des Vesuvs[1]) und anderer Vulkane untersuchte, hat neuerdings auf den Wert solcher Untersuchungen hingewiesen, welche die losen, bei den jüngsten Eruptionen ausgeworfenen Gesteinsblöcke zum Gegenstand haben.

Dieselben sind den hohen Temperaturen und der Einwirkung anderer metamorphosierender Agentien unterworfen gewesen, welche aus der unmittelbaren Nachbarschaft mit dem geschmolzenen Magma im Eruptionskanal des Vulkans resultieren.

Manche Gesteinsblöcke haben sich in solch' inniger Berührung mit dem Magma befunden, daß sie teilweise oder gänzlich wieder geschmolzen wurden, während andere lediglich der Einwirkung der entweichenden Gase ausgesetzt gewesen sind. In letzterem Falle hat eine Umwandlung oft schon bei Temperaturen stattgefunden, welche beträchtlich unterhalb des Schmelzpunktes des Gesteins liegen.

1) Bull. Soc. Franç. Minéralog. 1907, **30**, 219. Ausz. diese Zeitschr. **46**, 492.

Es ist darauf hingewiesen worden, daß diese Veränderungen nicht etwa das Resultat der jüngsten Eruptionen sind, sondern dasjenige eines langwierigen Processes, welcher wenigstens von ebenso langer Dauer gewesen ist, wie die seit der vorhergehenden Eruption verstrichene Zeit.

Die von Lacroix beobachteten pneumatolytischen Veränderungen lassen sich kurz folgendermaßen zusammenfassen:

Die Hohlräume eines Gesteinsstücks, das ursprünglich blasig oder schlackig war, sind mit neugebildeten Krystallen ausgekleidet. Ist der Angriff ein ausgesprochenerer, so werden die Leucitkrystalle infolge Corrosion kleinen Geoden ähnlich, die Hohlräume vergrößern sich, das Gefüge wird ein anderes und das Gestein wird porös und mehr krystallinisch.

Viele der neugebildeten Mineralien täuschen Scheinkrystalle vor. Es ist nicht notwendig, daß sie in den Höhlungen von alten zersetzten Mineralien sitzen, aber vielleicht in benachbarten Hohlräumen.

In dieser Weise sind Sanidin, Sodalith, Mikrosommit, Augit, Hornblende, Hämatit, Magnetit, Biotit und — weniger oft — Melanit, Sphen und Olivin ausgeschieden worden.

Diese Mineralien werden nicht nur in prächtigen Krystallen, welche die kleinen Hohlräume auskleiden, gefunden, sondern auch als Imprägnation des Gesteins und als Einschlußmaterial für die normalen Mineralien.

Der Augit und Amphibol — und bisweilen auch der Glimmer — finden sich orientiert aufgewachsen auf dem ursprünglichen Pyroxen und anderen eisen- und magnesiumhaltigen Mineralien vor. Viele der von Lacroix untersuchten Blöcke sollen der pneumatolytischen Einwirkung während des nach dem Ausbruch von 1872 zur Füllung des Kraters erforderlichen Zeitabschnitts unterworfen gewesen sein[1]).

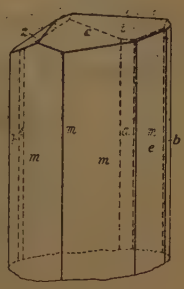
Verf. hatte Gelegenheit, viele dieser losen Gesteinsblöcke in Lacroix Laboratorium zu studieren und später mit ihm im Gelände ähnliche Vorkommen anderer vulkanischer Gegenden zu beobachten. Gegenstand vorliegender Mitteilung ist die rein krystallographische Beschreibung gewisser, auf die ebenerwähnte Weise entstandener Hornblendekrystalle, welche in gewissen Laven des Départements Puy-de-Dôme im südlichen Frankreich vorkommen. Sämtliche gemessenen Krystalle stammen aus einem Block von dunkelgrauem, nichtporphyrischen Hornblende-Pyroxen-Andesit, welcher im Tale des Mont Dore gefunden wurde. In petrographischer Hinsicht zeigt das Gestein vorwiegend Hornblende und Plagioklas, während der Pyroxen zurücktritt. Pyroxen und Feldspat sind beide bemerkenswert frisch; die Hornblende jedoch ist längs der Ränder stark verändert und in eine schwarze, durchscheinende Masse umgewandelt. Das Gestein ist

1) Lacroix, Revue générale des Sciences, Paris. Oct. 30, 1906, 881—899; Nov. 15, 1906, 923—936.

mit zahlreichen Hohlräumen durchsetzt, welche bei einem mittleren Durchmesser von $2\frac{1}{2}$ mm wohl etwa 20 % des Gesamtvolumens des Gesteins ausmachen.

In diesen Höhlungen wurden die zu den Messungen verwendeten Krystalle gefunden. Jeder Hohlraum enthält ein bis zehn derartige Krystalle; dieselben sitzen als dunkelbraune, fast schwarze Nadeln an den Wänden der Hohlräume und reichen oft von einer Seite derselben bis zur anderen. Die gemessenen Krystalle waren bei einer durchschnittlichen Länge von $1\frac{1}{2}$ mm 0,4 mm dick. Einige der gemessenen Flächen besaßen nicht mehr als 0,01 mm Durchmesser. Die Messungen wurden mittels eines Goldschmidt'schen zweikreisigen Goniometers ausgeführt.

Fig. 1.



Untenstehende Tabelle wird im Verein mit den Abbildungen Fig. 1—5 alles Charakteristische der Formen erkennen lassen, ohne daß eine weitere Beschreibung derselben nötig wäre.

Fig. 2.

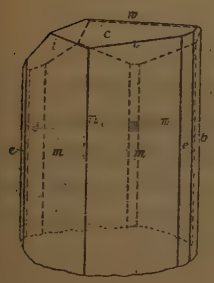


Fig. 3.

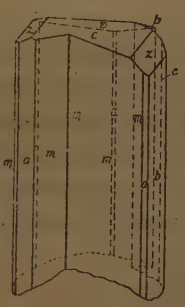
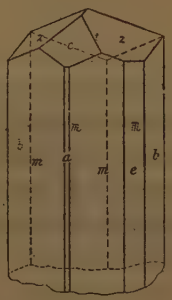


Fig. 4.



Fig. 5.



Ergebnisse der Messungen
nach Art und Zahl der ausgebildeten Flächen.

| Nr. des Krystalls | $a,\{100\}$ | $b,\{010\}$ | $c,\{001\}$ | $m,\{110\}$ | $e\{130\}$ | $z\{021\}$ | $i\{\bar{1}30\}$ | $t\{\bar{2}01\}$ | $w\{\bar{1}01\}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 2 | 1 | 4 | 3 | 1 | 1 | 1 | |
| 2 | 1 | 2 | 1 | 4 | 4 | | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 3 | 3 | 1 | 6 | 1 | 2 | | | 1 |
| 4 | 2 | 2 | 1 | 4 | 4 | | | 1 | 1 |
| 5 | 1 | 2 | 1 | 4 | 1 | 2 | | 1 | |

Parallele Entwicklung von Flächen, wie sie Nr. 3 zeigt, war etwas ganz gewöhnliches. Fast alle gemessenen Flächen gaben sehr gute Reflexe; die Werte von $\varphi$ und $\varrho$ weichen bei den verschiedenen Krystallen aber ein wenig voneinander ab.

Universität von Arizona, im April 1910.

# XXV. Über einige bemerkenswerte Zwillinge von Atacamit und einige andere Kupfermineralien von Collahurasi, Provinz Tarapacá, Chile.

Von

**W. E. Ford** in New Haven, Connecticut.

Übersetzt von W. Brendler.

(Mit 12 Textfiguren.)

---

Vor einiger Zeit wurde der Brush-Sammlung von Herrn Ernst Schernikow in New York City eine Suite von Kupfermineralien, welche von Collahurasi, Chile, stammten, zum Geschenk gemacht. Dieselbe enthielt u. a. folgende selteneren Mineralien: Atacamit, Brochantit, Olivenit, Klinoklas und Konichalcit. Atacamit und Brochantit kamen dabei in Krystallen und beträchtlicher Menge vor, sodaß sich eine ausgezeichnete Gelegenheit zu näherer Untersuchung darbot.

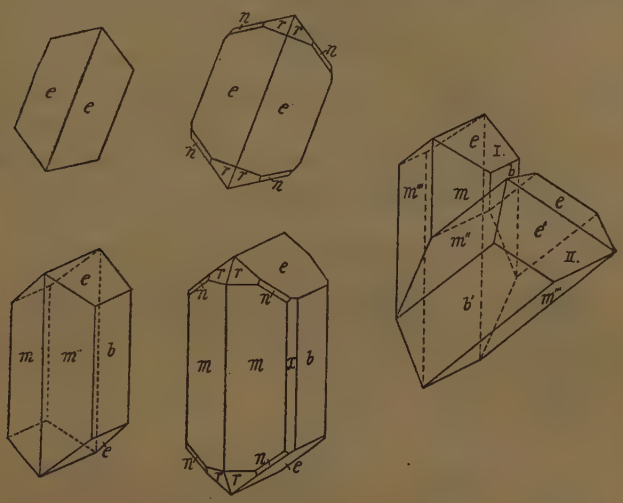
## Atacamit.

Dieses Mineral wurde in krystallinischen Massen gefunden, welche zumeist aus winzigen Kryställchen bestehen; bisweilen kommen jedoch Einzelkrystalle von 4 bis 5 mm Länge vor. Diese Krystalle erwiesen sich bei der Untersuchung als ungewöhnlich interessant.

Es waren daran nur wenige Formen vorhanden, nämlich: $m\{110\}$, $x\{140\}$, $b\{010\}$, $e\{011\}$, $r\{111\}$ und $n\{121\}$. Die Mehrzahl der Krystalle zeigte — wie Fig. 1 erkennen läßt — nur das Brachypinakoid $b$, das Grundprisma $m$ und das Doma $e$. Die Pyramiden $r$ und $n$ und das Prisma $x$ konnten nur an wenigen Krystallen und auch dann nur als schmale Abstumpfungen beobachtet werden, wie Fig. 2 zeigt. Das Interessante an diesen Krystallen ist jedoch die gleichförmig wiederkehrende und ungewöhnliche Zwillingsbildung, welche sie zeigen. Das betr. Zwillingsgesetz ist für den Atacamit neu und erwies sich manchmal als recht compliciert und schwierig zu deuten, aber die gute Übereinstimmung zwischen

den gemessenen und den berechneten Winkelwerten läßt, wie die im nachstehenden aufgeführten Tabellen zeigen, keinen Zweifel daran, daß es richtig abgeleitet worden ist.

Fig. 1. Fig. 2. Fig. 3.

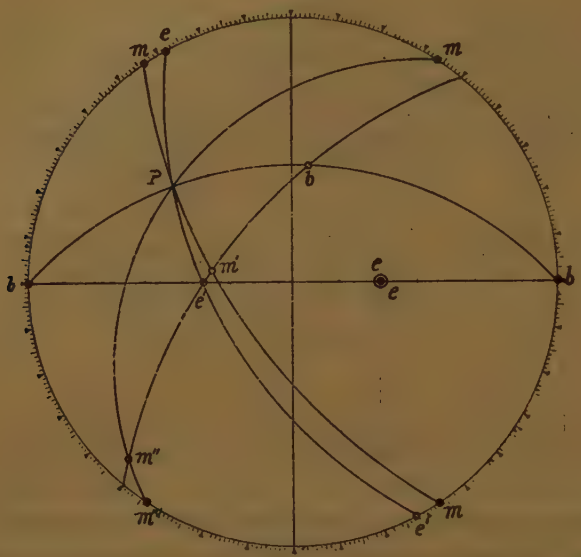



Das Zwillingsgesetz kann man folgendermaßen formulieren: Eine der $e$-Flächen des in Zwillingsstellung befindlichen Krystalls ist immer einer der $e$-Flächen des in Normalstellung befindlichen Individuums parallel. Dies ist bei einer Betrachtung der Krystalle leicht ersichtlich, denn eine Brachydomenfläche des verzwillingten Individuums spiegelt immer zusammen mit einer Domenfläche des in Normalstellung befindlichen Krystalls ein. Ferner erscheint der in Zwillingsstellung befindliche Krystall um die Normale auf $e\{011\}$ als Zwillingsaxe um einen solchen Winkel gedreht, daß die zweite $e$-Fläche des verzwillingten Krystalls in die Prismenzone des in Normalstellung befindlichen Individuums zu liegen kommt.

Diese Beziehungen lassen sich am besten an der Hand von Fig. 3 erläutern, welche keine Abbildung eines wirklichen Krystalls darstellt, sondern lediglich zur Klarlegung des Zwillingsgesetzes dienen soll. Die Fläche $e$ des in Zwillingsstellung befindlichen Krystalls (Nr. II) ist parallel $e$ des in Normalstellung befindlichen Individuums (Nr. I), während $e'$ von Nr. II mit den Prismen- und Pinakoidflächen des vertical gestellten Krystalls in eine Zone fällt. Dies konnte an den Zwillingskrystallen bei den Messungen am Reflexionsgoniometer mit Sicherheit nachgewiesen werden. Die Reflexe, welche die $e$-Flächen der beiden Individuen gaben, fielen zusammen, und derjenige von $e'$ von Nr. II lag mit denen der Prismenflächen von Nr. I in ein und derselben Zone. Dies fand sich an allen gemessenen Krystallen bestätigt

mit so geringen Abweichungen, wie sie durch die bisweilen ziemlich mittelmäßige Beschaffenheit der Flächen leicht hervorgerufen werden können. Die zwischen den beiden Individuen bestehenden Beziehungen zeigt die stereographische Projection, Fig. 4.

Fig. 4.




Um die beiden Krystallindividuen in ihre betr. Stellungen zu bringen, z. B. $e'$ von Nr. II in die Prismenzone von Nr. I, müssen wir uns den Krystall Nr. II um die Normale auf $e\{011\}$ als Axe um 112°40′ gedreht denken. Diese Tatsache macht die vorliegenden Zwillinge zu ungewöhnlichen und schwer zu deutenden, denn der Drehungswinkel des einen Individuums um die Zwillingsaxe beträgt für gewöhnlich 180° oder bisweilen auch 120°.

In Anbetracht dieser Eigentümlichkeit können wir die Fläche $e$, obschon sie beiden Individuen gemeinsam ist, weder als Zwillingsfläche ansehen — wenigstens nicht im gewöhnlichen Sinne —, noch ihre Normale als Zwillingsaxe.

Die Fläche, deren Pol in der stereographischen Projection mit $P$ bezeichnet ist und welche in Fig. 3 die Verwachsungsfläche der beiden Krystallindividuen darstellt, würde der im allgemeinen üblichen Definition einer Zwillingsebene entsprechen. Die in Zwillingsstellung befindliche Hälfte des Krystalls ließe sich — wie die stereographische Projection erkennen läßt — durch Spiegelung der normalen Hälfte an dieser Ebene erhalten; denn auf einem größten Kreise, der von irgend einer Fläche des Krystalls I durch den Pol $P$ gezogen wird, läßt sich auf der anderen Seite von $P$ in

der gleichen Winkeldistanz die entsprechende Fläche des in Zwillingsstellung befindlichen Individuums Nr. II auffinden. Diese Fläche $P$ stimmt jedoch bezüglich ihrer Lage mit keiner der am Atacamit vorkommenden Flächen überein, am nächsten liegt sie noch der möglichen Pyramide $\{\bar{4}75\}$. Zur Prüfung der Richtigkeit des hier aufgestellten Zwillingsgesetzes sind in den nachfolgenden Tabellen die gemessenen und berechneten Winkelwerte nebeneinandergestellt.

Die Messungen der Krystalle erfolgten sowohl am zweikreisigen wie am einkreisigen Goniometer und gaben folgende Werte:

1) Winkelmessungen am zweikreisigen Goniometer zur Feststellung der Lage der Flächen des verzwillingten Individuums (Nr. II).

| Flächen von Nr. II. | Gemessen. $\varphi$ | Mittel: | Gemessen. $\varrho$ | Mittel: | Berechnet. $\varphi$ | Berechnet. $\varrho$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $e$ | | | *36°58′<br>36 50<br>37 16<br>36 45<br>36 24 | 36°50′ | 0° 0′ | 36°55½′ |
| $e'$ | *62°29′<br>63 1<br>62 12<br>63 22 | 62°46′ | *90 1<br>90 38<br>90 21<br>89 24 | 90 6 | 62 25 | 90 0 |
| $m$ | *8 59<br>8 44<br>11 38<br>12 1 | 10 20 | *34 31<br>31 44<br>34 1<br>33 21 | 33 24 | 8 47 | 33 57 |
| $m'$ | *47 45<br>47 38<br>45 25<br>46 20<br>46 31<br>46 3<br>46 12 | 46 31 | *83 56<br>84 8<br>83 46<br>82 58<br>85 2<br>84 54<br>84 2 | 83 49 | 47 14½ | 84 31 |
| $b$ | *80 48<br>80 9 | 80 29 | 48 35<br>47 7 | 47 51 | 81 9 | 48 17 |

2) Winkelmessungen am einkreisigen Goniometer zwischen Flächen der Krystallindividuen I und II.

| | Gemessen: | Mittel: | Berechnet: |
|---|---|---|---|
| $e'$ von Nr. I: $e'$ von Nr. II | 106°24′<br>105 54<br>106 23<br>106 3 | 106°11′ | 106°10′ |
| $m$ - Nr. I: $e'$ - Nr. II | 5 44<br>6 20<br>5 54<br>5 36 | 5 53 | 5 53½ |

| | Gemessen: | Mittel: | Berechnet: |
|---|---|---|---|
| $m'''$ von Nr. I: $m''$ von Nr. II | 10°39′ | | |
| | 11 17 | 11° 1′ | 10°57′ |
| | 10 42 | | |
| | 11 17 | | |
| $m$ - Nr. I: $m''$ - Nr. II | 67 56½ | 67 58 | 67 54 |
| | 68 1 | | |
| $m'''$ - Nr. I: $m'$ - Nr. II | 76 56 | | |
| | 76 6 | 76 42 | 76 29 |
| | 76 59 | | |
| | 76 50 | | |

In vorstehenden Tabellen sind sämtliche an den verschiedenen Krystallen gemessene Winkeln aufgenommen worden ohne Rücksicht auf die Beschaffenheit der Flächen und das daraus zu folgernde Gewicht der einzelnen Winkelmessungen. Im allgemeinen stimmen die Mittelwerte der Winkel der verschiedenen Serien mit den berechneten Winkeln ziemlich gut überein. In der Tabelle der mit dem zweikreisigen Goniometer erhaltenen Winkelwerte ist der durch Messung des am besten entwickelten Krystalls erhaltene Wert, sowie derjenige, welcher die genaueste Justierung am Goniometer gestattete, in jeder Reihe an erster Stelle aufgeführt und weiterhin durch einen Stern * kenntlich gemacht.

Die Übereinstimmung zwischen diesen Winkeln und den entsprechenden theoretischen Werten ist ziemlich genau. Die größte Abweichung zwischen den gemessenen und den berechneten Winkeln zeigt sich bei den Flächen der Prismenzone und zwar besonders bei den $\varphi$-Winkeln. Dieses Ergebnis war bei der gewöhnlich ziemlich schlechten Beschaffenheit der Prismenflächen und der häufig an denselben auftretenden verticalen Streifung von vornherein zu erwarten.

Bei den Messungen am einkreisigen Goniometer ist, wie man bemerken kann, die Übereinstimmung zwischen den gemessenen und den berechneten Winkeln größer und im allgemeinen sehr befriedigend. Dies ließ sich voraussehen, da bei diesen kleinen Krystallen, deren Flächenbeschaffenheit meist nicht die beste war, die Justierung des Krystalls am zweikreisigen Goniometer schwierig ist und bestenfalls nur eine angenäherte sein kann, sodaß infolgedessen die damit gemessenen Winkel kein so großes Gewicht haben wie die am einkreisigen Instrument erhaltenen, bei welchem für jede Messung extra justiert wird. Betrachtet man jedoch die Messungen in ihrer Gesamtheit, so ist die Übereinstimmung mit den theoretischen Winkelwerten genügend genau, um ohne Zweifel nachzuweisen, daß das Zwillingsgesetz richtig aufgestellt worden ist.

Dem Verfasser ist kein einziger Fall bekannt, in welchem eine der im vorstehenden erörterten vollkommen analoge Zwillingsverwachsung aufgetreten wäre, und er vermag keine ausreichende Erklärung oder Theorie zu

geben, welche den bei diesen Zwillingen beobachteten Eigentümlichkeiten völlig gerecht werden könnte. Es ist eine bemerkenswerte und vielleicht bezeichnende Tatsache, daß die Flächen des in Zwillingsstellung befindlichen Krystalls Nr. II, zum größten Teil wenigstens innerhalb einiger Grade, den Flächen des in Normalstellung befindlichen Individuums Nr. I nahe liegen. Diese Verhältnisse bringt die stereographische Projection, Fig. 4, klar zur Anschauung; in derselben liegt $e'$ von Nr. II nahe bei $m$ von Nr. I; $m''$ von II bei $m'''$ von I; $m'$ von II bei $e'$ von I, und $b'$ von II fällt nahezu in die Makrodomenzone von I. Es möchte scheinen, als ob hier ein Fall von Zwillingsverwachsung vorläge, bei welchem die Stellung des verzwillingten Individuums vielmehr durch den Parallelismus einer bevorzugten Fläche und durch zonale Beziehungen zwischen den beiden Individuen kontrolliert werden könnte, als durch das Vorhandensein einer gewöhnlichen Zwillingsebene oder Axe.

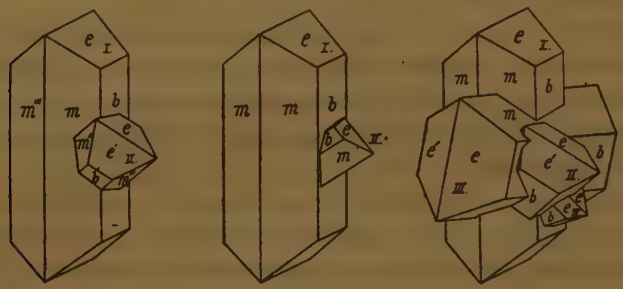
Die Fläche $P$, welche — falls sie eine mögliche Krystallfläche wäre — als Zwillingsebene zu bezeichnen sein würde, kann man in ähnlicher Weise als Zusammensetzungs- oder Verwachsungsfläche ansehen, wie den »rhombischen Schnitt« bei den Plagioklasen, wenn dieselben nach dem Periklingesetz verzwillingt sind.

Daß nicht alle regelmäßigen Verwachsungen von Krystallen den gewöhnlichen Zwillingsgesetzen gehorchen, hat man vor einiger Zeit erkannt[1]). Diese Verwachsungen sind keine Zufallsproducte, sondern sie folgen Gesetzen, welche sich genau formulieren lassen; sie werden öfters an Stücken verschiedenen Vorkommens gefunden und sollten in jeder vollständigen Betrachtung der Zwillingsverwachsungen Aufnahme finden. Goldschmidt hat kürzlich versucht, diese ungewöhnlichen Verwachsungen in eine neue Classification der Zwillingsverwachsungen mit aufzunehmen und hat dem von ihm aufgestellten neuen Gruppen verschiedene Namen beigelegt, wie »Heterozwillinge«, »Einflächige Verwachsung«, »Einzonige Verwachsung«[2]). Es steht zu erwarten, daß noch mehr derartige Beispiele entdeckt und noch andere Gruppen aufgestellt werden, nachdem einmal die Aufmerksamkeit auf diese Zwillinge niederer Symmetrie hingelenkt worden ist. Tatsächlich scheinen die hier beschriebenen Zwillinge keiner der in Goldschmidt's Aufstellung erwähnten Gruppen genau zu entsprechen, am nächsten würden sie noch der Gruppe der »Heterozwillinge« stehen. Ein kürzlich von Paul und Goldschmidt[3]) beschriebener Heterozwilling von Orthoklas ähnelt in mancher Hinsicht den vorliegenden Atacamitzwillingen. Das an dem Orthoklaszwilling herrschende Gesetz läßt sich folgendermaßen

1) V. Goldschmidt, diese Zeitschr. 1898, **30**, 254; 1907, **43**, 347.
2) Diese Zeitschr. 1907, **43**, 582.
3) Diese Zeitschr. 1909, **45**, 471.

formulieren: Fläche $c\{001\}$ von Nr. II ist der Fläche $b\{010\}$ von Nr. I parallel; die Zone $c(001) — m(110)$ von Nr. II fällt mit der Zone $b(010) — c(001)$ von Nr. I zusammen, und die Fläche $b\{010\}$ von Nr. II kommt in die Zone $c(001) — y(201)$ von Nr. I zu liegen. Es tritt hier also der Fall ein, daß an den beiden Individuen zwei ungleichartige Flächen Parallelismus zeigen, daß ferner zwei ungleiche Zonen zusammenfallen, und daß schließlich eine wesentliche Fläche des einen Individuums in eine wichtige Zone des anderen fällt. Andererseits können wir an den Atacamitzwillingen beobachten, daß sich zwei ähnliche Flächen in Parallelstellung befinden, daß eine charakteristische Fläche von Nr. II in einer wichtigen Zone von Nr. I liegt, und daß, ganz im allgemeinen, die Flächen von Nr. II in der Nähe der Flächen oder Zonen von Nr. I liegen.

Fig. 5. Fig. 6. Fig. 7.




Die Zwillingskrystalle treten in zweierlei Typen auf. Die erste derselben stellt, wie die Figg. 5 bis 7 erkennen lassen, einen Durchwachsungszwilling dar, bei welchem das eine Individuum durch das andere hindurchgewachsen bezw. aus ihm herausgewachsen ist. Bei dieser Art von Zwillingen ist der eine Krystall gewöhnlich viel größer als der andere ausgebildet, und der kleinere zeigt, aus der Seite des ersteren hervorragend, nur die Flächen des einen Endes in freier Entwicklung. Fig. 5 stellt einen derartigen Krystall dar. Eine solche Verwachsung kann zweierlei Art sein, nämlich je nachdem ob das verzwillingte Individuum bezüglich des in Normalstellung befindlichen nach vorn oder nach hinten gewendet erscheint. Diese Zwillinge bilden bisweilen sehr zusammengesetzte Gruppen, derart, daß ein zweites Individuum sich zum ersten in Zwillingsstellung befindet, während ein drittes wieder hinsichtlich der zweiten Zwillingsstellung einnimmt usw.

Eine derartige complicierte Verwachsung ist in Fig. 7 dargestellt; Krystall Nr. II befindet sich dabei hinsichtlich Nr. I in Zwillingsstellung, während Nr. III gegenüber Nr. II Zwillingsstellung einnimmt, sodaß Fäche $c$ von III der Fläche $e'$ von II parallel ist usw.

Die zweite Art der Zwillingskrystalle zeigt, obschon dem gleichen

Gesetz folgend, ein durchaus anderes Aussehen. Sie besteht aus einem normalen Individuum, das ein mehr gedrungenes Wachstum zeigt und dessen Domenflächen an beiden Enden nahezu, wenn nicht völlig von vier zu ihm in Zwillingsstellung befindlichen Krystallen bedeckt sind.

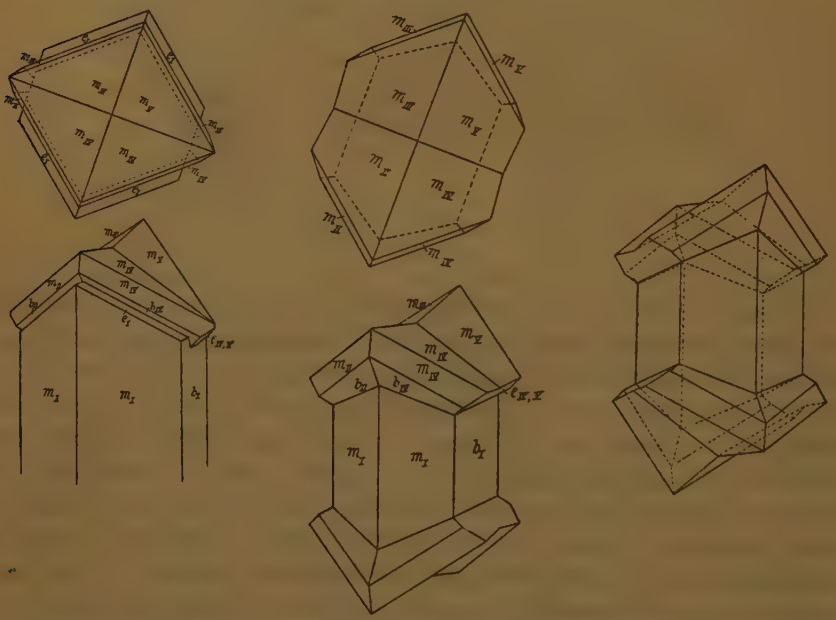
Fig. 8.




Die $e$-Flächen von je zweien dieser in Zwillingsstellung befindlichen Individuen verlaufen parallel einer der Flächen des normalen Krystalls, wobei der eine Zwilling nach vorn, der andere nach hinten gewendet ist. Die anderen beiden der in Zwillingsstellung befindlichen Individuen zeigen ähnliche Anordnung und Beziehungen mit der Ausnahme, daß eine ihrer $e$-Flächen der zweiten $e$-Fläche des normalen Krystalls parallel geht. An diesen in Zwillingsstellung befindlichen Krystallen sind für gewöhnlich nur die Flächen des Prismas und des Brachypinakoids entwickelt, welche an der Spitze des normalen Krystalls seichte Rinnen bilden, die beiderseits oberhalb seiner Domenflächen in der Richtung der Brachydiagonale verlaufen. Gelegentlich finden sich an den in Zwillingsstellung befindlichen Individuen auch $e$-Flächen, welche entweder zur Entstehung seitlicher Ausladungen über den $b\{100\}$-Flächen des normalen Krystalls Veranlassung geben, oder bisweilen auch wenig einspringende Winkel längs der Spitze des Krystalls bilden. Diese Beziehungen sind in der stereographischen Projection, Fig. 8, dargestellt, welche die Formen des in Normalstellung befindlichen Krystalls I, wie auch die Prismen- und Pinakoidflächen der vier verschiedenen in Zwillingsstellung befindlichen Individuen II, III, IV

und V enthält. Einen Krystall dieser Ausbildungsweise zeigt Fig. 9, wobei die vier Zwillingsindividuen die Domenflächen des normalen Krystalls nicht vollständig bedecken. Diese Abbildung läßt auch die den verzwillingten Individuen IV und V gemeinsame *e*-Fläche erkennen, welche oberhalb der *b*-Fläche des normalen Krystalls liegt. Bisweilen hüllen die verzwillingten Individuen die Enden des in Normalstellung befindlichen Krystalls vollständig ein, sodaß von letzterem nur noch die Flächen seiner Prismenzone sichtbar sind. Fig. 10 zeigt einen derartigen an beiden Enden ausgebildeten Krystall. In Fig. 11 ist der gleiche Krystall noch einmal gezeichnet mit dem Unterschiede, daß die in Fig. 10 auf der Rückseite liegenden Linien ausgezogen wurden, um die Übersicht über diese merkwürdigen Zwillingsbildungen zu erleichtern. Außer den hier abgebildeten Zwillingsgruppen kommen noch viel compliciertere vor, bei welchen beide Typen von Zwillingen in höchst verworrener Weise miteinander combiniert sind.

Fig. 9. Fig. 10. Fig. 11.



Eine am vorliegenden Atacamit ausgeführte Analyse stimmte mit der theoretischen Zusammensetzung sehr gut überein, wie nachstehende Aufstellung erkennen läßt:

| | | Berechnet: |
|---|---|---|
| *Cl* | 16,55 | 16,6 |
| *Cu* | 14,82 | 14,9 |
| *CuO* | 56,01 | 55,8 |
| $H_2O$ | 12,69 | 12,7 |
| | 100,07 | 100,0 |

**Brochantit.** Brochantit war dasjenige Mineral, welches auf den Stufen am häufigsten beobachtet wurde. Er kommt meist in dünnen prismatischen Krystallen vor, welche — einander durchkreuzend und durchspießend — körnig-krystallinische Massen bilden. Zufällig wurde ein Krystall mit gutentwickelten Flächen entdeckt, der Messungen vorzunehmen gestattete. Es ließen sich daran folgende Formen feststellen: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $r\{120\}$ und $v\{101\}$; Fig. 12 zeigt ihre charakteristische Ausbildungsweise. Neben dieser Art des Vorkommens wurde Brochantit noch in sehr dünnen, meist haarförmigen prismatischen Krystallen beobachtet, welche auf der Oberfläche des Ganggesteins in radialfaserigen Büscheln angeordnet sind. Infolge ihrer durchscheinenden leuchtendgrünen Farbe bildet diese Varietät außerordentlich prächtige Schaustücke. Eine quantitative Analyse dieser dünnen Krystallnadeln wurde soweit durchgeführt als zur Feststellung der Identität mit Brochantit erforderlich war. Das untersuchte Material erwies sich als ideal rein und die erhaltenen Analysenresultate stimmen infolgedessen mit den theoretischen Werten sehr gut überein, wie nachstehende Zusammenstellung zeigt:

Fig. 12.




| | I. | II. | Mittel: | Berechnet: |
|---|---|---|---|---|
| $CuO$ | 70,41 | 70,16 | 70,29 | 70,37 |
| $SO_3$ | 17,51 | 17,59 | 17,54 | 17,69 |
| $H_2O$ | 11,91 | 12,01 | 11,96 | 11,94 |
| | | | 99,79 | 100,00 |

**Olivenit** kommt auf den Stufen in dünnen, spießigen, prismatischen Krystallen von licht- bis dunkel-olivengrüner Farbe vor. Das Mineral gab die für Olivenit charakteristischen Reactionen, und es fand sich ein Krystall, dessen Endflächen genügend gut ausgebildet waren, um entscheidende Messungen vornehmen zu können. Die Prismenzone der Krystalle zeigte immer starke Streifung und Endflächen waren nur selten zu beobachten.

**Klinoklas** konnte nur auf wenigen Stufen wahrgenommen werden und auch dann nur in mikroskopischen Krystallen. Zu seiner Bestimmung dienten seine blauschwarze Farbe und charakteristische Lötrohrproben.

**Konichalcit** wurde sehr spärlich in den charakteristischen, smaragdgrünen kugeligen Formen gefunden.

Andere Kupfermineralien wurden in sehr geringen Mengen beobachtet; einige derselben konnten nicht mit Sicherheit mit irgend einer der bekannten Mineralspecies identificiert werden, die vorkommenden Mengen waren aber viel zu gering, um eine eingehende Untersuchung zu gestatten.

Mineral. Laborat. der Sheffield Scientific School of Yale University,
New Haven, Connecticut; im Februar 1910.

# XXVI. Über den Einfluß der Gegenwart von Alkalien in Beryll auf dessen optische Eigenschaften.

Von

W. E. Ford in New Haven, Connecticut.

Übersetzt von W. Brendler.

Die Aufmerksamkeit des Verfassers wurde durch eine Bemerkung in einer Arbeit von Lacroix über die turmalinführenden Pegmatitgänge von Madagaskar[1]) auf den Einfluß, welchen die Gegenwart von Alkalien in Beryll auf dessen optische Eigenschaften ausübt, hingelenkt. Es wird dort ein rosenroter Beryll beschrieben, dessen Brechungsindices und specifisches Gewicht ungewöhnlich hohe Werte zeigen und dessen qualitative Analyse die Gegenwart von Alkalien, darunter merkwürdigerweise Cäsium, ergab. Naturgemäß wurde daraus gefolgert, daß diese abnorm hohen Werte für Brechungsindices und specifisches Gewicht durch die Gegenwart der Alkalien in dem Mineral bedingt würden. Dieser Punkt erschien interessant und wichtig genug, um eine weitere Untersuchung zu verdienen.

Die Rolle, welche der Alkaligehalt beim Beryll spielt, wurde vor einer Anzahl von Jahren mittels einer Reihe von Analysen durch Penfield[2]) und weiterhin durch den gleichen Forscher und Sperry[3]) im hiesigen Laboratorium festgestellt; Belegstücke der damals untersuchten alkalireichen Berylle werden in der Brush-Sammlung aufbewahrt, und ergaben in zwei Fällen noch Material, welches zur optischen Untersuchung geeignet erschien. Es gelang aus dem von Willimantic, Connecticut, stammenden, von Penfield[3]) analysierten Beryll und ebenso von dem Cäsiumberyll von Hebron, Maine, welcher zuerst von Penfield[2]) und später von Wells[4]) analysiert wurde, je ein Prisma zu schleifen und die Brechungsindices zu bestimmen.

1) Bull. Soc. Min. 1908, **31**, 218.
2) Amer. Journ. Sci. 1884, **28**, 25.
3) Amer. Journ. Sci. 1888, **36**, 347.
4) Dana's System of Mineralogy, 6th Ed., 407.

Weiterhin wurden zwei andere Vorkommen von Beryll zur Untersuchung herangezogen, und zwar 1) der rosagefärbte Beryll von San Diego County, Californien, in welchem Verfasser vor einigen Jahren die Gegenwart von Alkalien qualitativ nachgewiesen hatte[1]), und 2) der Rosa-Beryll von Madagaskar, welcher vermutlich von demselben Vorkommen stammt wie der von Lacroix beschriebene. Durchsichtige Exemplare dieses Madagaskar-Berylls wurden Verfasser von Herrn Dr. G. F. Kunz in dankenswerter Weise zur Verfügung gestellt.

Zunächst wurde der rosagefärbte Beryll von Mesa Grande, San Diego County, Californien, analysiert, und zwar stammte das Analysenmaterial von einem unregelmäßigen Bruchstück eines durchsichtigen Krystalls, welches die Brush-Sammlung von Herrn E. Schernikow zum Geschenk erhalten hatte. Die Untersuchung ergab die Gegenwart von insgesamt 1,48% Alkalioxyden — also einen geringeren Betrag als vorauszusehen war — und weiterhin keine Spur von Cäsium. Da das vorliegende Stück keinerlei Krystallflächen zeigte, war es unmöglich ein orientiertes Prisma daraus herzustellen, an welchem man die beiden Brechungsindices hätte ermitteln können. Es wurde jedoch aufs Geradewohl aus einem Bruchstück des Materials ein Prisma angefertigt und mittels desselben der Wert für den Brechungsindex des ordentlichen Strahls erhalten.

In der Brush-Sammlung war eine kleine Krystallgruppe von blaßrosa gefärbten Beryll vorhanden, welche von dem benachbarten Fundorte Pala stammte, und da es möglich schien, von diesem Vorkommen beide Brechungsindices zu bestimmen, wurde davon ein orientiertes Prisma geschliffen und die betreffenden Messungen ausgeführt. Die Werte der mit vorgenannten beiden Prismen bestimmten Indices für den ordentlichen Strahl erwiesen sich jedoch als durchaus verschieden, und zwar war derjenige des Berylls von Pala der höhere. Dies deutete darauf hin, daß die beiden Vorkommen sich auch bezüglich ihres Gehaltes an Alkalioxyden voneinander unterscheiden, was denn auch eine Bestimmung der vorhandenen Alkalien, welcher ein dafür genügender Teil des Krystalls geopfert wurde, tatsächlich bestätigte. Es ergab sich, daß der Beryll von Pala 3,77% Alkalioxyde enthielt, von denen über ein halbes Procent aus Cäsiumoxyd bestand.

Der rosagefärbte Beryll von Madagaskar enthielt noch mehr Alkalien, nämlich insgesamt 4,98%, wovon 1,60% Cäsiumoxyd war. Das analysierte Material zeigte keinerlei Krystallflächen und infolgedessen war das Prisma für die Bestimmung der Brechungsindices gleichfalls aufs Geradewohl geschnitten worden.

Der Zufall wollte es jedoch, daß es mit seiner brechenden Kante

---

1) Amer. Journ. Sci. 1906, 22, 217.

nahezu parallel der Richtung der optischen Axe herausgeschnitten worden war, denn die beobachtete Doppelbrechung entsprach völlig dem, was auf Grund der verschiedenen anderen Resultate zu erwarten gewesen wäre. Um die Orientierung des Prismas zu prüfen, wurde senkrecht zu seinen Flächen eine Platte geschnitten; dieselbe zeigte im convergenten Licht eine einaxige Interferenzfigur, welche zum Centrum des Konoskopgesichtsfeldes nahezu symmetrisch lag. Infolgedessen müssen die Werte, welche mit diesem Prisma für den außerordentlichen Strahl und die Doppelbrechung erhalten wurden, wenn auch nicht ganz genau, so doch nahezu richtig sein; sie wurden deshalb in die nachfolgende Zusammenstellung mitaufgenommen; die betreffenden Werte sind in jedem einzelnen Falle in Paranthese eingeschlossen.

In nachfolgender Tabelle sind die verschiedenen Analysen und die entsprechenden Werte der Brechungsindices und specifischen Gewichte zusammengestellt; alle Brechungsindices wurden bei Natriumlicht bestimmt.

| | I. | II. | III. | IV. | V. |
|---|---|---|---|---|---|
| | Mesa Grande. | Willimantic. | Pala. | Madagaskar. | Hebron. |
| Analytiker: | Ford: | Penfield: | Ford: | Ford: | Wells: |
| $SiO_2$ | 64,98 | 65,72 | nicht bestimmt | 62,79 | 62,44 |
| $Al_2O_3$ | 17,86 | 18,40 | „ | 17,73 | 17,74 |
| $Fe_2O_3$ | — | — | — | — | 0,40 |
| $FeO$ | — | 0,26 | — | — | — |
| $MnO$ | — | 0,12 | — | — | — |
| $BeO$ | 13,42 | 13,08 | nicht bestimmt | 11,43 | 11,36 |
| $Cs_2O$ | — | — | 0,57 | 1,70 | 3,60 |
| $K_2O$ | 0,18 | 0,12 | 0,28 | — | — |
| $Na_2O$ | 0,84 | 0,75 | 1,59 | 1,60 | 1,13 |
| $Li_2O$ | 0,46 | 0,28 | 1,33 | 1,68 | 1,60 |
| Glühverlust | 2,16 | 2,06 | nicht bestimmt | 2,65 | 2,03 |
| Summe | 99,90 | 100,79 | | 99,58 | 100,30 |
| Summe der Alk. | 1,48 | 1,15 | 3,77 | 4,98 | 6,33 |
| Spec. Gewicht | 2,714 | 2,73 | 2,785 | 2,79 | 2,80 |
| $\omega$ | 1,58157 | 1,58455 | 1,59239 | 1,59500 | 1,59824 |
| $\varepsilon$ | nicht bestimmt | 1,57835 | 1,58488 | (1,58691)*) | 1,59014 |
| $\omega - \varepsilon$ | | 0,00620 | 0,00751 | (0,00809)*) | 0,00810 |

Bei Betrachtung vorstehender Tabelle läßt sich klar erkennen, daß der Ersatz des Berylliumoxydes im Beryll dúrch Alkalioxyde sowohl das specifische Gewicht, als auch die Werte der Brechungsindices des Minerals erhöht. Außerdem zeigt sich ein Anwachsen des Betrages der Doppelbrechung in dem Maße wie der Procentgehalt an Alkalioxyden ein höherer

*) Angenähert.

wird. Die Beziehungen, welche bei Mineralien zwischen ihrer chemischen Zusammensetzung und ihren optischen Constanten bestehen, sind jedoch bestenfalls außerordentlich compliciert. Was nun den vorliegenden Fall des Berylls anbetrifft, bei welchem ein Oxyd ($BeO$) durch vier andere Oxyde ($Li_2O$, $Na_2O$, $K_2O$ und $Cs_2O$) in wechselnden Mengen ersetzt wird, die außerdem sehr voneinander abweichende Molekulargewichte besitzen, so ist es bei dem gegenwärtigen Stande der Forschung unmöglich, irgend ein Gesetz abzuleiten, welches allen chemischen und optischen Factoren in gleicher Weise vollkommen gerecht würde. Es ist jedoch anerkannte Tatsache, daß im allgemeinen in denjenigen Fällen, in denen die Zusammensetzung eines Minerals infolge isomorpher Vertretung eines Elements oder Oxydes durch ein anderes variiert, die Werte der Brechungsindices und des specifischen Gewichts höhere werden, wenn das ersetzende Element oder Oxyd ein höheres Atom- bezw. Molekulargewicht besitzt als das ursprüngliche, und umgekehrt. Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchung des Berylls stimmen mit diesem Princip voll und ganz überein. Es hat aber den Anschein, als ob eine derartige Veränderung in der chemischen Zusammensetzung nicht notwendigerweise einen entsprechenden Einfluß auf die Doppelbrechung äußern müßte, obschon im vorliegenden Falle des Berylls letztere mit dem Anwachsen der Werte der Brechungsindices um einen entsprechenden Betrag ansteigt.

Eine interessante Tatsache möge hier noch Erwähnung finden: Im allgemeinen bewirkt die Einführung von Alkalioxyden in ein Mineral infolge deren verhältnismäßig niedrigen Molekulargewichte (den Fall des seltenen Cäsiumoxydes ausgenommen) eine Erniedrigung seiner Brechungsindices und Doppelbrechung. Beim Beryll ist das Gegenteil der Fall und zwar offenbar deshalb, weil das ersetzte Oxyd, $BeO$, ein niedrigeres Molekurlargewicht besitzt als irgend eines der Alkalioxyde; die betreffenden Werte sind: $BeO$ 25,1; $Li_2O$ 30,06; $Na_2O$ 62,10; $K_2O$ 94,30; $Cs_2O$ 281,76. Man konnte deshalb billigerweise annehmen, daß im vorliegenden Falle die Einführung irgend eines Alkalis eine Erhöhung der Werte der Brechungsindices zur Folge haben würde; es ist jedoch wahrscheinlich, daß bei Gegenwart von Cäsiumoxyd mit seinem hohen Molekulargewicht dessen Einfluß der vorherrschende sein wird.

Mineralogisches Laboratorium
der Sheffield Scientific School of Yale University,
New Haven, Connecticut. Juni 1910.

# XXVII. Über die Krystallform des Mikroklins.

Von

**O. B. Böggild in Kopenhagen.**

Wenn die Krystallform des Mikroklins so sehr unvollkommen bekannt ist, liegt das natürlich in erster Linie an der schlechten Ausbildung der Krystalle, die es wohl niemals erlauben wird, die Elemente mit einigermaßen so großer Genauigkeit zu bestimmen, wie es bei dem Albit und Anorthit geschehen ist. Ich hoffe jedoch, daß ich in diesen Zeilen ein wenig Licht auf den bis jetzt am meisten dunklen Punkt in der Kenntnis dieses Minerals hinwerfen kann.

Über die Größe des Axenwinkels $\gamma$ liegen bis jetzt nur sehr wenige Angaben vor. Von Klockmann[1]) wird er zu 89° 55′ berechnet. Die Elemente von Klockmann sind aus Messungen von den Winkeln der Krystallflächen hervorgegangen; die Flächen sind aber so schlecht, daß sie mit Glasstücken bedeckt werden mußten, und da die Substanz als ein Gemenge von Mikroklin und Albit, beide in zwei Orientierungen, angegeben wird, kann man nur erwarten, daß man auf diese Weise sehr ungenaue Mittelwerte bekommen wird. Von den Fundamentalwinkeln scheint namentlich der Winkel $(\bar{1}01):(010)$, der zu 89° 52′ angegeben wird, unzutreffend zu sein; nach dem, was ich später zeigen werde, muß er vielmehr eine Größe von ungefähr $91\frac{1}{2}^0$ besitzen.

Auch sonst ist es wohl die allgemeine Vorstellung, daß der Winkel $\gamma$ sehr nahe oder genau 90° ist, was sich auch darin zeigt, daß Michel Lévy[2]) in dem Mikroklindiagramm (pl. XVII) die Punkte $p\{101\}$ und $a_{\frac{1}{2}}\{\bar{1}01\}$ genau in der Mittellinie zwischen $\{010\}$ und $\{0\bar{1}0\}$ und die Punkte $t\{110\}$ und $m\{1\bar{1}0\}$ in gleichem Abstand von derselben Mittellinie einzeichnet. Daß die Sache sich in Wirklichkeit nicht so verhalten kann,

1) Zeitschr. d. geol. Gesellsch. 1882, 34, 411. Ausz. diese Zeitschr. 8, 317.
2) Dét. des Feldspats 1896, 2.

wird eine Betrachtung von gewissen Phänomenen, die die Lamellen nach dem Periklingesetze bei dem Mikroklin darbieten, hoffentlich klar machen.

Als Material für meine Untersuchungen habe ich den bekannten grünen Mikroklin von Pikes Peak verwendet, der von zwei Arten Zwillingslamellen durchzogen ist, wie man am besten an basischen Schliffen sieht, nämlich teils von dem Albitgesetz und teils von dem Periklingesetz herrührend; dieses letzte zeigt sich auch an Schliffen nach {010} als Lamellen, die ungefähr senkrecht zu den Spaltrissen nach {001} verlaufen. Des Cloizeaux[1]), der zuerst Lamellen in dieser Richtung gesehen hat, deutet sie als hervorgebracht durch eine Zwischenlagerung von Orthoklas und Mikroklin, während Michel Lévy[2]) die Beobachtungen von Des Cloizeaux auf das Periklingesetz zurückführt.

Obgleich wohl jetzt die Existenz der beiden Gesetze bei Mikroklin allgemein anerkannt ist, muß ich doch, da Sabersky[3]) das Periklingesetz unwahrscheinlich zu machen versucht hat, bevor ich weiter gehe, zuerst die von ihm gegebenen Gründe ein wenig untersuchen. Sabersky geht bei seinen Untersuchungen von den argentinischen Mikroklinen aus, über welche ich, da ich das betreffende Material nicht gesehen habe, sehr schwer etwas aussagen kann; daß es so gebaut ist, wie Sabersky angibt, läßt sich nicht direct widerlegen; aus seiner Beschreibung geht jedoch mit Sicherheit nur so viel hervor, daß die Periklinstreifen weniger hervortretend und kürzer als die Albitstreifen sind. Die an Schliffen nach {010} wahrgenommene flammenartige Lamellierung, die ganz derjenigen ähnlich ist, die man bei Periklinzwillingen wahrnimmt, macht es jedoch sehr wahrscheinlich, daß dieses Gesetz auch an den argentinischen Mikroklinen vorhanden ist.

Sabersky hat auch den Mikroklin von Pikes Peak untersucht; in basischen Schliffen findet er ein entschiedenes Übergewicht der verticalen über die horizontalen Lamellen. Diesem kann ich nicht direct beistimmen; die ersteren sind wohl im allgemeinen zahlreicher, aber viel kleiner als die letzteren, die oft eine Länge von mehreren Millimetern erreichen und auch recht breit sind; nur in einer Beziehung kann man behaupten, daß die verticalen Lamellen Übergewicht haben; an den Stellen, wo die beiden Systeme sich kreuzen, ist es meistens der Fall, daß die verticalen Lamellen die anderen durchdringen und dabei gleichsam unterbrechen. Wenn Sabersky auch zugesteht, daß Querlamellen in den basischen Schliffen wirklich vorkommen, findet er merkwürdigerweise, daß sie verschwindend sind in einem Schliffe, der senkrecht zu {010} steht und 168° mit {001} bildet, wo man sie gerade am deutlichsten finden müßte, da dieser Schliff senk-

1) Ann. de Chim. et Phys. 1876, 9, 16.

2) l. c. S. 102.

3) N. Jahrb. f. Min. usw. 1891, Beil-Bd. 7, 359 ff. Ausz. diese Zeitschr. 21, 258.

recht zu ihrer »behaupteten« Zusammensetzungsfläche ist. Ich habe auch einen solchen Schliff verfertigt und konnte feststellen, daß die Querlamellen dort vollkommen so ausgeprägt sind wie in dem basischen Schliffe. Ferner findet Sabersky, daß in einem Schliffe ⊥ der *c*-Axe »kaum noch eine Spur« von Querlamellen wahrzunehmen ist; ich finde sie in einem solchen Schliffe sehr hervortretend, obgleich nicht ganz scharf begrenzt. In Schliffen ungefähr parallel der Zusammensetzungsfläche hat Sabersky verbreiterte, einheitlich auslöschende Lamellen nicht beobachten können; in meinem Material treten solche sehr deutlich hervor.

Ich hoffe jetzt nachgewiesen zu haben, daß die optische Structur des Mikroklins keineswegs gegen die Annahme des Periklingesetzes spricht, wenn sie auch kaum die Existenz desselben direct beweisen kann. So viel ist jedoch sicher, daß in dem von mir untersuchten Material recht große Lamellen existieren, die ungefähr senkrecht zu {010} stehen, und eine nähere Untersuchung von den Phänomenen, die diese Lamellen zeigen, wenn sie äußerlich auf den Spaltflächen hervortreten, wird direct zeigen, daß sie von dem Periklingesetz hervorgebracht sein müssen.

Wenn man die basische Spaltfläche mit der Lupe betrachtet, sieht man die verticalen Lamellen als ganz niedrige Erhöhungen hervortreten, während die horizontalen Lamellen absolut nicht das Relief der Fläche beeinflussen, obgleich sie als farbige Streifen sichtbar sind. Auf Spaltflächen von {010} sieht man natürlich die Lamellen nach dem Albitgesetz nicht; dagegen ist die ganze Fläche deutlich und verhältnismäßig tief gestreift von einem System von Lamellen, die in derselben Richtung verlaufen wie die in den Schliffen sichtbaren Lamellen. Daß diese Lamellen wirklich nach dem Periklingesetz gebildet sind, kann wohl nicht mehr bezweifelt werden, denn Albitzwillinge nach dem Roctourné-Typus müßten sich ganz entgegengesetzt verhalten, da sie sich auf {001} und dagegen nicht auf {010} zeigen müßten.

Es liegen nun an den Spaltstücken drei einigermaßen gut meßbare Winkel vor, nämlich 1. der Winkel (001) : (00$\bar{1}$) bei der Zwillingsbildung nach dem Albitgesetz, 2. der Winkel (010) : (0$\bar{1}$0) bei der Periklinzwillingsbildung und 3. die Richtung der Periklinlamellen auf {010}, also die Lage des rhombischen Schnittes. Von diesen kann man zwei beliebige als Fundamentalwinkel benutzen und danach den dritten berechnen, unabhängig von allen anderen Winkeln bei dem Mineral. Ich habe die Winkel 2. und 3. als die besten gefunden; für 2. bekommt man 4° als Mittel aus acht Messungen, variierend von 3° 20′ zu 4° 26′; für 3. habe ich —83° als Mittelwert gefunden (etwas kleiner als der von Des Cloizeaux angegebene, 80°—82°); die Variationen können in einigen Fällen sehr groß sein (von —75 bis 90°); meistens erhält man jedoch Werte zwischen —81° und —85°, so daß dieser Winkel, der ja von kleinen Veränderungen

in den beiden anderen stark beeinflußt wird, doch als Fundamentalwinkel gut brauchbar ist. Der Winkel läßt sich sehr schwer äußerlich auf den Spaltstücken messen, am besten macht man einen Schliff, der nicht genau senkrecht zur $b$-Axe steht (in welchem Falle die Periklinlamellen optisch nicht sichtbar sind), sondern davon um ein paar Grade in irgend einer Richtung abweicht; dabei treten die Lamellen nämlich deutlich hervor, während der Winkel zwischen denselben und den basischen Spaltrissen nicht wesentlich verändert wird.

Aus den beiden Fundamentalwinkeln läßt sich dann für den Winkel 1. ein Wert von 29′ ausrechnen, der bei directer Messung wohl ein wenig kleiner gefunden wird, nämlich 24′ (12′—30′), die Lamellen sind aber stets sehr klein und geben undeutliche Reflexe.

Aus den angeführten Tatsachen läßt sich schließen, daß die Zonenlinie $(001):(\bar{1}01)$ auf dem Diagramm nicht mit der Mittellinie desselben zusammenfallen kann, sondern eine solche Lage einnehmen muß, daß sie unten zur rechten Seite liegt, dann die Mittellinie in einem Punkt, der 4° hinter $\{001\}$ liegt, schneidet und in dem ganzen hinteren Teil links verläuft, indem sie ihre größte Entfernung (2°) von der Mittellinie in einem Punkt, der 97° hinter $\{001\}$ liegt, erreicht. Um den Punkt, in welchem diese Zonenlinie den Grundkreis schneidet, also die Lage der Fläche $(100)$ bestimmen zu können, muß man noch den Axenwinkel $\beta$ kennen. Dieser läßt sich zwar nicht direct bei dem Mikroklin von Pikes Peak bestimmen, man wird aber leicht einsehen, daß selbst eine Veränderung von mehreren Graden bei diesem Winkel nur einen höchst minimalen Einfluß auf den Winkel $(100):(010)$ ausüben kann, daß man also in dieser Verbindung ganz ruhig den Axenwinkel von Orthoklas, 63° 52′, brauchen kann, da der entsprechende Winkel bei Mikroklin jedenfalls nicht viel von diesem verschieden sein kann. Dabei bekommt man für den Winkel $(100):(010)$ einen Wert von 88° 6½′ und im ganzen die Elemente:

$$\alpha = 89^\circ\,20\tfrac{1}{2}'; \quad \gamma = 91^\circ\,59'.$$
$$(010):(001) = 89^\circ\,45\tfrac{1}{2}', \quad (100):(010) = 88^\circ\,6\tfrac{1}{2}'.$$

Die Axenlängen lassen sich nicht berechnen, es ist also auch nicht möglich, die theoretischen Winkel der Prismenflächen zu bestimmen; umgekehrt ist es auch ganz unmöglich, aus den früher gemessenen Winkeln dieser Fächen die Axe $a$ zu bestimmen, da diese Winkel, wie aus der Zusammenstellung bei Hintze[1]) hervorgeht, sehr stark variirend sind. So viel kann man mit Sicherheit schließen, daß der Winkel $(110):(010)$ viel kleiner sein muß als $(1\bar{1}0):(0\bar{1}0)$.

Der Winkel $(\bar{1}01):(010)$ läßt sich auch nicht vollkommen berechnen,

1) Handb. d. Mineralogie 1897, S. 1338.

doch kann man hier, wie bei (100), leicht sehen, daß selbst eine recht große Veränderung in dem Abstand von ($\bar{1}01$) zu (001) den erwähnten Winkel nur in sehr geringem Grade beeinflussen kann; wenn man für ($\bar{1}01$) : (001) den Wert von Orthoklas, 50° 16½′, annimmt, wird der Winkel ($\bar{1}01$) : (010) = 91° 22′, also wird der Winkel ($\bar{1}01$) : ($1\bar{0}1$), der bei der Zwillingsbildung nach dem Albitgesetze hervorgebracht wird, = 2° 44′. Dieser Winkel läßt sich ziemlich gut direct messen, da die Fläche ($\bar{1}01$) in der Regel recht gut ausgebildet ist, ja an vielen von den größeren Krystallen überhaupt die einzige einigermaßen blanke Fläche ist. Bei Messung habe ich 2° 37′ (2° 31′—2° 44′) gefunden, und obgleich dieser Wert nicht ganz mit dem berechneten übereinstimmt, liefert doch die Tatsache, daß die Lamellen auf {$\bar{1}01$} mit so tief aus- und einspringenden Winkeln verbunden sind, den besten directen Beweis für die vorher beschriebene schiefe Lage der Zonenlinie (001) : ($\bar{1}01$).

Die Periklinzwillingsstreifen lassen sich übrigens nicht allein auf {010} verfolgen, sie treten auch auf den Prismenflächen deutlich hervor, wo sie recht charakteristische schräge Linien bilden, die auf {110} mit der Kante (110) : ($1\bar{1}0$) einen Winkel von ungefähr 35° und mit der Kante (110) : (001) ungefähr 70° einschließen. Natürlich sieht man auch auf den Prismenflächen recht deutliche verticale Streifen, welche von der Albitzwillingsbildung herrühren.

Auch bei directer Messung von Flächenwinkeln ist es mir gelungen, einigermaßen gute Elemente für den Mikroklin zu erhalten. Als Material habe ich die Mikroklinkrystalle von Ivigtut gebraucht[1]); die früher bekannten, größeren Krystalle sind wohl stets mit ganz rauhen und unebenen Flächen versehen; auf diesen, namentlich auf den Prismenflächen, sitzen aber gewöhnlich, worauf Dr. K. J. V. Steenstrup mich zuerst aufmerksam machte, kleine (ein bis wenige Millimeter) Hervorragungen, die meistens aus einer mehr durchsichtigen Substanz als die Hauptmasse bestehen und im ganzen den recht häufig auf Orthoklaskrystallen sitzenden, parallel orientierten Albitkrystallen ähnlich sind. Im Dünnschliff zeigt es sich indessen, daß die Hervorragungen nicht aus Albit bestehen, sondern jede einzelne besteht im allgemeinen aus einem Mikroklinindividuum, das in directem Zusammenhange mit einem von denen, die den großen Krystall zusammensetzen, steht. Die Flächen dieser Hervorragungen sind nun oft recht gut meßbar; um die Messungen so sicher wie möglich zu machen, habe ich bei Abblendung nur die Flächenteile, die unmittelbar die zu messende Kante begrenzten, gemessen und nur die Reflexe berücksichtigt, die einigermaßen einfach waren. Es zeigte sich, daß die am besten aus-

1) U. a. vom Verf. in Mineralogia Groenlandica, Medd. om Grönl. 1905, **32**, 450, beschrieben. Ausz. diese Zeitschr. **43**, 634.

gebildete Fläche stets das rechte Prisma {110} war, während keine Spur von $\{1\bar{1}0\}$ jemals gefunden ist; ferner fand sich {010} recht gut ausgebildet; weniger gut waren {001} und {100}, das merkwürdigerweise sehr gewöhnlich, meistens aber recht schmal und nicht sehr glänzend war. Die folgenden vier Winkel habe ich gemessen:

| | | Variation: | Zahl der Mess.: |
|---|---|---|---|
| (010) : (110) | = 57°41′ | 57°17′— 57°58′ | 12 |
| (110) : (100) | = 30 15 | 29 55 — 30 42 | 13 |
| (110) : (001) | = 68 14 | 68 4 — 68 32 | 13 |
| (010) : (001) | = 89 43 | 89 33 — 89 52 | 11 |

Hieraus sind die folgenden Elemente berechnet:

$$a : b = 0{,}6637 : 1;$$

$$\alpha = 89°18\tfrac{1}{2}' \quad \beta = 115°50' \quad \gamma = 92°9\tfrac{1}{2}'.$$

$$(010) : (001) = 89°43' \quad (100) : (001) = 64°10\tfrac{1}{2}' \quad (100) : (010) = 87°56'.$$

Diese Elemente können, da die Winkelmessungen sehr schwankend sind, natürlich nicht als sehr genau angesehen werden; doch stimmen sie recht gut mit den oben angegebenen, und namentlich wird der wichtigste Punkt, die Schiefe in dem Winkel $\gamma$, bei directer Messung gut bestätigt.

Die Lage des rhombischen Schnittes läßt sich aus diesen Elementen zu $-82°31\tfrac{1}{2}'$ ausrechnen.

Es wird wohl von Interesse sein, zu sehen, wie die hier erhaltenen Elemente mit den früher bei Mikroklin gefundenen Winkelwerten stimmen[1]). Der Winkel (001) : (010), für welchen ich die Werte 89°48′, $89°45\tfrac{1}{2}'$ und 89°43′ gefunden oder berechnet habe, liegt in der Mitte zwischen den früher angegebenen, die von 89°30′ (Gasern) bis 89°53′ (Hirschberg) variieren. Der Winkel $(001) : (1\bar{1}0)$ läßt sich zu 67°49′ berechnen, welcher Wert einigermaßen mit Gasern und demjenigen von Tschermak gefundenen übereinstimmt, aber viel zu klein für Pikes Peak und Leverett ist; dagegen ist der Winkel (001) : (110), der zu 68°14′ gemessen wurde, viel zu groß für Leverett; es ist sehr wahrscheinlich, daß die beiden Prismenflächen in diesen beiden Fällen verwechselt worden sind, unter welcher Voraussetzung die Übereinstimmung recht gut wird. Der Winkel $(110) : (1\bar{1}0)$, den ich zu 61°35′ ausgerechnet habe, stimmt sehr gut mit den angegebenen, und dasselbe ist der Fall mit dem Winkel $(1\bar{1}0) : (0\bar{1}0)$, der sich zu 60°44′ berechnen läßt, während dagegen der von Tschermak für (110) : (010) angegebene Wert von 60°49′ absolut nicht mit dem von mir gefundenen 57°41′ stimmt, sodaß man wohl annehmen darf, daß auch hier eine Verwechslung der Prismenflächen vorliegt.

Die verhältnismäßig recht große Schiefe bei dem Axenwinkel $\gamma$ muß sich natürlich auch in den basischen Schliffen recht fühlbar machen. Die

1) Diese finden sich in Hintze's Handb. d. Mineral. 1897, 1338 zusammengestellt.

verticalen und horizontalen Streifen müssen miteinander einen Winkel von 88°1′ bilden. Dies läßt sich bei der Messung sehr schwer constatieren, da die Lamellen überhaupt niemals ganz gradlinig begrenzt sind; wo sie am besten ausgebildet sind, sieht man auch die Schiefe recht deutlich. Des Cloizeaux scheint übrigens auch diese Schiefe bemerkt zu haben, wenn er sagt[1]): »Les autres traçant sur $p$ des lignes généralement perpendiculaires à l'arête $pg'$ ou faisant avec elle un angle de 92 à 93 degrés.«

Eine andere Consequenz, die notwendigerweise aus dem Vorausgesagten hervorgeht, ist, daß die beiden Lamellensysteme nicht zu gleicher Zeit auslöschen können; der ganze Schliff kann nicht aus zwei optisch homogenen Individuen bestehen, jedes scheinbar einheitliche Individuum muß vielmehr Differenzen in der Auslöschung von wenigstens 1°59′ zeigen. Dies läßt sich ebenfalls nicht leicht direct constatieren, da die meisten Lamellen, wenigstens diejenigen der einen Hauptrichtung, stets so dünn sind, daß es nicht möglich ist, die Auslöschung genau zu bestimmen. Doch sieht man die erwähnten Differenzen sehr deutlich, wenn man den Schliff in eine solche Lage bringt, daß die Lamellensysteme einen Winkel von ungefähr 45° mit den Nicolhauptschnitten bilden; man wird dann leicht beobachten können, daß zwei naheliegende, senkrecht aufeinanderstehende Lamellensysteme nicht auf einmal unsichtbar werden; der Winkel, um den man drehen muß, um von der Lage, in welcher die verticalen Lamellen die gleiche Polarisationsfarbe zeigen, bis zu der, in welcher für die horizontalen Lamellen dasselbe der Fall ist, beträgt im Durchschnitt ein paar Grade. Dieses Verhalten zeigt ganz deutlich, daß der typische Mikroklin nicht aus zwei homogenen Individuen aufgebaut sein kann, bestätigt also vollkommen die bei der Untersuchung der geometrischen Eigenschaften gewonnenen Resultate.

1) l. c. S. 3.

# XXVIII. Hambergit aus Madagaskar.

Von

**V. Goldschmidt** in Heidelberg und **Frdr. C. Müller** in Basel.

**Mit einem Anhang** von Frdr. C. Müller.

(Hierzu Taf. V und VI.)

---

Unter einer Anzahl von der Mineralienhandlung J. Böhm in Wien im Anfang dieses Jahres gelieferten Hambergiten aus Madagaskar[1]) fanden sich einige Krystalle, die zu den bisher nur spärlich bekannten Formen dieses Minerals neue zu geben versprachen.

Durch Herrn Prof. F. Berwerth wurde uns aus der Sammlung des Wiener Hofmuseums ein großer Hambergit vom gleichen Fundort zur Messung überlassen. Wir sind dafür zu besonderem Dank verpflichtet.

Von den Formen des Hambergits waren bis jetzt bekannt:

| nach Brögger[2]): | *b* | *a* | *m* | *e* | nach Lacroix[3]): | *x* | $h^3 = n$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $0\infty$ | $\infty 0$ | $\infty$ | 01 | | $\frac{3}{2}3$ | $2\dot{\infty}$ |
| | 010 | 100 | 110 | 011 | | 362 | 210 |

Neu sind folgende Formen:

| *c* | *l* | *k* | *d* | *r* | *p* | ?*v* | *s* | *u* | *y* | *w* | *q* | *t* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | $4\infty$ | $\infty\frac{3}{2}$ | $\frac{1}{4}0$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | 2 | $1\frac{1}{2}$ | 12 | $\frac{1}{2}1$ | $\frac{1}{2}\frac{3}{2}$ | $\frac{1}{3}\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{4}\frac{1}{2}$ |
| 001 | 410 | 230 | 104 | 112 | 111 | 221 | 212 | 121 | 122 | 132 | 123 | 124 |

Die bis jetzt aus Madagaskar bekannten Hambergite sind meist groß Die Krystalle sind aber häufig infolge der vollkommenen Spaltbarkeit nach $b = 0\infty$ in Stücke zersprungen.

An den uns vorliegenden Krystallen sind die Terminalflächen fast aus-

---

1) Als Fundort wird angegeben: Anjanabonoana. Über Vorkommen und begleitende Mineralien s. Duparc, Wunder und Sabot, Les minéraux des pégmatites d'Antisarabé à Madagaskar. Mém. soc. d'hist. nat. de Genève 1910, **36**, 3.

2) Diese Zeitschr. 1890, **16**, 65.

3) Bull. soc. Franc. 1909, **32**, 70; 1910, **33**, 49.

schließlich matt und meist geätzt. Die Messung gelang oft nur durch Anfeuchten oder mit Hilfe aufgelegter Gläschen. Die bloßen Flächen lieferten infolge der Accessorien an Stelle einfacher Reflexe nur Lichtflecke und Züge. Es erforderten daher die Meßresultate eine strenge Kritik und eingehende Discussion, um sicheres vom unsichern zu scheiden. Eine solche Kritik wurde mit aller Vorsicht geführt; es darf darum das im Folgenden Mitgeteilte als zuverlässig gelten.

Die Prismen sind die am besten ausgebildeten Flächen. Sie sind in der Längsrichtung fast immer gestreift und oft stark gerieft.

## Beschreibung der Krystalle.

Es wurden fünf Krystalle gemessen. Alle sind farblos und die Mehrzahl durchsichtig.

Die stellenweise mit Eisenocker überzogenen Oberflächen ließen sich mit verdünnter Salzsäure reinigen.

**Krystall 1.** Taf. VI, Fig. 7 und 8 (Sammlung Goldschmidt).

Dimensionen: Höhe : Breite : Dicke = 40 : 19 : 9 mm.

Habitus: Wie beim Brögger'schen Krystall, prismatisch mit ausgeprägtem dachartigem Abschluß durch die Flächen $e^1$ und $e^3$.

Combination: *b a m n e u.*

Einzelflächen: $b^1b^3$, $a^2a^4$, $m^1m^2m^3m^4$, $n^1n^3n^4$, $e^1e^3$, $u^1$.

Neue Form:

**u = 12 (121)** mit einer Fläche $u^1$. Diese Fläche ist von Riefen parallel der Kante $ue$ durchfurcht. Daher schwanken die ermittelten Werte. Wiederholte Messungen und Auftragungen im gnomonischen Bild wiesen jedoch immer auf den Flächenort 12 hin. Die Form ist somit jedenfalls gesichert, um so mehr, da sie noch an Krystall 3 nachgewiesen werden konnte.

Gemessen: $\varphi\varrho = 31°46'$; $58°57'$ (Mittel).
Berechnet: $\varphi\varrho = 31°56'$; $59°43'$.

Am Krystall 1 sind die Prismen nur in den Quadranten 1 und 2 gut ausgebildet. In den Quadranten 3 und 4 sind sie stark gerieft. Die Flächen $e^1$ und $e^3$ sind matt und ergeben schlechte Werte.

**Krystall 2.** Taf. V, Fig. 3 und 4 (Sammlung Goldschmidt).

Dimensionen: Höhe : Breite : Dicke = 16 : 10 : 4,5 mm.

Habitus: Kurzprismatisch, etwas gestreckt nach *a*. Abweichend von der Form des Krystalls 1 durch die starke Entwicklung von *c* und *d* auf Kosten von *e*.

Combination: *c b a l n m e d r v s y q.*

Einzelflächen: $c$, $b^1b^3$, $a^2a^3$, $l^1l^2l^4$, $n^1n^4$, $m^1m^4$, $e^1$, $d^2$, $r^1$, $v^1v^4$, $s^1$, $y^1$, $q^1$.

Neue Formen:

**c** $= 0\,(001)$ ist relativ groß ausgebildet, aber mit Ätzhügeln bedeckt; ließ sich jedoch aus den Reflexzügen, sowie durch die Messung mit aufgelegtem Glas eindeutig bestimmen.

**d** $= \frac{1}{4}0\,(104)$, weniger stark geätzt, gibt einen meßbaren Reflex. Die gleiche Form wurde an Krystall 3 mit zwei Flächen nachgewiesen.

| Krystall | Fläche | Gemessen $\varphi$ | Gemessen $\varrho$ | Berechnet $\varphi$ | Berechnet $\varrho$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | $d^2$ | 89°14′ | 13°26′ | 90°0′ | 12°45′ |
| 3 | $d^2$ | 88 45 | 14 9 | | |

Die Form darf trotz der Differenzen bei $\varrho$ als gesichert angesehen werden.

**l** $= 4\infty\,(410)$ ist deutlich ausgebildet; tritt auch an Krystall 3 auf.

| Krystall | Fläche | Gemessen $\varphi$ | Gemessen $\varrho$ | Berechnet $\varphi$ | Berechnet $\varrho$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | $l^1$ | 78°39′ | 89°57′ | 78°39′. | 90°0′ |
| 2 | $l^4$ | 77 56 | 89 52 | | |

An Krystall 3 ließen sich wegen starker Riefung keine guten Werte ermitteln.

**r** $= \frac{1}{2}\,(112)$, nur mit einer Fläche auftretend. Diese ist relativ groß entwickelt, aber etwas geätzt. An den Krystallen 3 und 4 erscheint dieselbe Form mit je einer Fläche.

| Krystall | Fläche | Gemessen $\varphi$ | Gemessen $\varrho$ | Berechnet $\varphi$ | Berechnet $\varrho$ |
|---|---|---|---|---|---|
| 2 | $r^1$ | 50°47′ | 30°12′ | 51°45′. | 30°8′ |
| 3 | $r^2$ | 129 2 | 30 7 | 128 44. | „ |
| 4 | $r^3$ | 131 (ca.) | 29 41 | 128 44. | „ |

Die Messungen stimmen befriedigend, zumal an Krystall 2, sodaß zweifellos die beobachteten Flächen der Form $r$ entsprechen.

**y** $= \frac{1}{2}1\,(122)$ tritt hier als kleine etwas gerundete Fläche auf. An den Krystallen 3 und 4 wurde die Form ebenfalls beobachtet.

| Krystall | Fläche | Gemessen | | Berechnet | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ |
| 2 | $y^1$ | 31°24′ | 40°23′ | 31°55′ | 40°34′ |
| 3 | $y^1$ | 31 50 | 38 45 | „ | „ |
| „ | $y^2$ | 147 37 | 40 20 | $\overline{148}$ 4 | „ |
| „ | $y^3$ | $\overline{145}$ 17 | 41 11 | $\overline{148}$ 4 | „ |
| 4 | $y^4$ | $\overline{29}$ 28 | 38 22 | $\overline{31}$ 56 | „ |

Es ist diese Form für den Krystall 2 festgelegt, nicht allein durch die angeführten Mittelwerte aus einer größeren Zahl von Messungen mit aufgelegten Gläschen, sondern auch durch den später erwähnten Lichtzug. Für die Krystalle 3 und 4 schwanken die angegebenen Werte, namentlich die von $\varphi$. Ein anderes Symbol kann jedoch auch hier nicht in Frage kommen.

s = $1\frac{1}{2}$ (212), nur an diesem Krystall nachgewiesen, hier aber als deutlich umgrenzte Fläche zu erkennen. Die Messungen ergaben:

Gemessen: $\varphi\varrho = 67°33', 45°24'$ (Mittel).
Berechnet: $\varphi\varrho = 68°8', 44°18'$.

Wenn auch die zwar nicht sonderlich guten Werte von $\varphi$ und $\varrho$ schon mit ziemlicher Wahrscheinlichkeit auf $1\frac{1}{2}$ verweisen, so läßt die Beobachtung des auftretenden Lichtzuges keinen Zweifel mehr über das Symbol der Fläche aufkommen (Taf. VI, Fig. 11).

q = $\frac{1}{3}\frac{2}{3}$ (123), eine schmale, etwas gerundete und geätzte Fläche; genaue Messungen sind unmöglich. Es liegt die besagte Fläche aber in der Zone *re*. Die größte Wahrscheinlichkeit innerhalb dieser Zone hat der Ort mit dem Symbol $\frac{1}{3}\frac{2}{3}$, denn es liegt dieser Punkt zugleich in der ausgeprägten Zone *c t y u x* (Taf. VI, Fig. 11). Die Beobachtung des Lichtfleckes und der Reflexe (erhalten durch wiederholt aufgelegtes Glas), spricht für $\frac{1}{3}\frac{2}{3}$. Als Mittel der Messungen mit Glas ergibt sich:

Gemessen: $\varphi\varrho = 31°30', 29°49'$.
Berechnet: $\varphi\varrho = 31°56', 29°43'$.

? v = 2 (221); zwei gutbegrenzte Flächen, denen wahrscheinlich das Symbol 2 (221) zukommt. Die Messungen (mit aufgelegtem Glas) geben schwankende Resultate. Der Ort der ausgedehnten Reflexzüge schwankt ebenfalls. In Taf. V, Fig. 3 und 4 wurde die Form als $v = 2$ eingetragen. Sie bedarf der Bestätigung.

Die Prismenzone des Krystalls 2 ist schlecht entwickelt, auffallend ist das breite Pinakoid $b^3$.

Der Reichtum an Terminalflächen ist charakteristisch für diesen Krystall. In den Quadranten 2 und 3 sind sie (wohl durch Ätzung) stark gerundet und unmeßbar.

Auf $a^4$, weniger deutlich auf den anderen Flächen der Prismenzone, bemerkt man im auffallenden Licht eine zu den Endflächen normal gerichtete Faserung. Dieser faserige Bau, der mit der Oberflächenriefung der Prismen nichts gemein hat, erstreckt sich bis etwa 1,5 mm von den Terminalflächen in den Krystall hinein. Hier lassen sich Spuren einer ehemaligen Oberfläche erkennen; es setzen feine mit Eisenocker erfüllte Risse durch den Krystall. Ihre Lage deutet bestimmt auf eine ausschließlich durch $e^1$ und $e^3$ gebildete frühere terminale Oberfläche.

Die gleiche Erscheinung noch besser ausgeprägt zeigt Krystall 5. Die Fasern greifen hier bis 2 mm tief in die Krystallmasse hinein. Sie stehen normal zu dem vorhandenen Doma $e^1$ und setzen normal auf einer ebenfalls als $e$ erkennbaren Ebene im Innern des Krystalls auf.

Die Erscheinung hat ihre Ursache zweifellos in einem nachträglich einsetzenden Wachstum. Der zweiten Periode entstammen bei beiden Individuen die flächenreicheren Gebilde; es besaßen die der ersten höchstwahrscheinlich an Endflächen nur $e^1$ und $e^3$.

**Krystall 3.** Taf. V, Fig. 1 und 2 (Sammlung des Hofmuseums in Wien).

Dimensionen: Höhe : Breite : Dicke = 48 : 32 : 13 mm.

Habitus: Prismatisch mit dachartigem Abschluß durch $e$; große $c$-Fläche.

Combination: *c b a m n l e d y t r u.*

Einzelflächen: $c$, $b^1b^3$, $a^2a^3$, $m^1m^2m^3m^4$, $n^1n^2n^3n^4$, $l^1l^3$, $e^1e^2$, $d^2d^4$, $y^1y^2y^3$, $t^2$, $r^2$, $u^2$.

Neue Formen:

**c** = **0** (001), relativ groß ausgebildet.

**l** = **4∞** (410), an zwei Stellen nachweisbar, erscheint aber wegen der starken Riefung etwas verwischt.

**d** = **¼0** (104), beiderseits von $c$ ausgebildet, wenn auch schlecht, so doch erkennbar (siehe S. 475).

**y** = **½1** (122) ist als lange, schmale Fläche im 3. Quadranten entwickelt; bildet den durch Parallelverwachsung zweier Individuen entstandenen einspringenden Winkel auf $e^3$ (die einspringende Partie ist auch auf $e^1$ allerdings weniger deutlich erkennbar. In der Figur nicht gezeichnet). Die Meßresultate sind bei Krystall 2 S. 476 aufgeführt.

**r** = **½** (112) ist durch die Beobachtungsergebnisse (siehe bei Krystall 2 S. 475) festgelegt; tritt als kleine gut umgrenzte Fläche im 2. Quadranten auf.

**t** = **¼ ½** (124), als gut erkennbare kleine Fläche einmal und einzig an diesem Krystall auftretend.

Gemessen: $\varphi\varrho = 148^0 56', 22^0 45'$.
Berechnet: $\varphi\varrho = 148^0\ 4', 23^0 11'$.

u = 12 (121), eine kleine Fläche. Die Ergebnisse der Messungen schwanken; doch zeigte es sich bei ihrer Auftragung im gnomonischen Bild, daß eine andere Form als 12 nicht vorliegt. An Krystall 1 (S. 474) ist $u$ schon nachgewiesen worden.

Gemessen: $\varphi\varrho = 150^0$(ca.), $60^0 15'$
(Mittel aus mehreren Beobachtungen, Krystall 3).
Berechnet: $\varphi\varrho = 148^0\ 4', 59^0 43'$.

**Krystall 4.** Taf. V, Fig. 5 und 6 (Sammlung Goldschmidt).

Dimensionen: Höhe : Breite : Dicke = 18 : 11 : 7 mm.

Habitus: Kurzprismatisch; im Querschnitt dreiseitig durch Vorherrschen von $a^1$, $b^1$, $n^3$; einseitig ausgebildetes großes $p$.

Combination: $b\ a\ m\ n\ k\ e\ p\ w\ y\ r$.

Einzelflächen: $b^1b^3$, $a^1a^3$, $m^1m^2m^3$, $n^1n^2n^3n^4$, $k^1k^2$, $e^3$, $p^1$, $w^1w^4$, $y^4$, $r^3$.

Neue Formen:

k = $\infty\frac{3}{2}$ (230), tritt auf der vorherrschenden Fläche $a^2$ an alternierenden Lamellen auf. Die Flächen sind schmal, geben aber ausgezeichnete Reflexe.

| Krystall | Fläche | Gemessen | | Berechnet | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ |
| 4 | $k^1$ | 39°42′ | 90°0′ | 39°43′. | 90°0′ |
| 4 | $k^2$ | 139 37 | 90 0 | 140 16. | 90 0 |

Die Ungenauigkeit bei dem $\varphi$ von $k^2$ dürfte ihre Ursache in der Kleinheit der Fläche und der damit verbundenen Beugung haben.

Die Form $k$ konnte nur an diesem Krystall nachgewiesen werden.

p = 1 (111), als sehr große Fläche, den schiefen Habitus des Krystalls bedingend. Wegen Ätzung und Unebenheit sind genaue Messungen unmöglich. Die folgenden Zahlen geben ein Mittel aus zahlreichen Beobachtungen.

Gemessen: $\varphi\varrho = 49^0$(ca.), $49^0 43'$.
Berechnet: $\varphi\varrho = 51^0 15', 49^0 16'$.

w = $\frac{1}{2}\ \frac{3}{2}$ (132), als $w^1$ und $w^4$ in kleinen ziemlich ebenen Flächen entwickelt. Die Resultate der Beobachtungen schwanken um die berechneten. Die Form kann aber als gesichert angesehen werden, da sie an Krystall 5 relativ gut ausgebildet auftritt.

| Krystall | Fläche | Gemessen | | Berechnet | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ |
| 4 | $w^1$ | 25°10′ | 50°52′ | 22°33′ | 49°44′ |
| 4 | $w^4$ | $2\bar{0}$ 50 | $\bar{5}1$ 40 | $\bar{2}2$ 33 | 49 44 |
| 5 | $w^1$ | 22 41 | 49 23 | 22 33 | 49 44 |

y = $\frac{1}{2}$1 (122) ist als kleine Fläche ausgebildet. Die Ergebnisse der Messungen finden sich bei Krystall 2 (S. 476).

r = $\frac{1}{2}$(112), nur als kleines Bruchstück erhalten. Die Messungen sind bei Krystall 2 (S. 475) aufgeführt.

Der vorliegende Krystall ist ausgezeichnet durch eine gut entwickelte Prismenzone. Es treten zwar die meisten Prismen nur an den Lamellen auf, die die wenigen großen Flächen (namentlich $a^2$) durchfurchen. Die erhaltenen Werte aber sind sehr befriedigend.

**Krystall 5.** Taf. VI, Fig. 9 und 10 (Sammlung Goldschmidt).

Dimensionen: Höhe : Breite : Dicke = 38 : 9 : 8 mm.

Habitus: Langprismatisch, dreikantig.

Combination: *b m n e w*.

Einzelflächen: $b^1b^3$, $m^4$, $n^1n^4$, $e^1$, $w^1$.

Neue Formen:

w = $\frac{1}{2}\frac{3}{2}$(132), erscheint als relativ große und wohlumgrenzte Fläche. Über das Symbol kann nach den Messungen kein Zweifel herrschen (siehe oben bei Krystall 4).

An dem Krystall sind zwei sich offenbar entsprechende steile Pyramiden entwickelt (in Taf. VI, Fig. 9 und 10 mit ×× bezeichnet). Die schlechten Reflexe deuten auf eine in der Zone *cpm* liegende steilere Form als $v = 2$. Die Messungen mit Glas lieferten unsichere Werte. Beim Zeichnen des Kopfbildes und des perspectivischen Bildes zeigte es sich, daß die beiden Flächen nicht vom Symbol 2 sein können. Wählt man zur Construction aber eine Form 3(331), so stellen sich die beiden Flächen nach Lage und Umgrenzung richtig dar. Es ist danach eine Form 3{331} wahrscheinlich gemacht, wenn auch nicht nachgewiesen.

Auffallend ist die dreikantige Gestalt des Krystalls. Ob sie als Wachstumsform anzusehen ist oder ob sie durch Zerteilung eines größeren Individuums zustande gekommen ist, läßt sich nicht entscheiden; es zeigt $b^3$ die gleichen Ätzerscheinungen wie alle übrigen Flächen.

Über den faserigen Bau der obersten Partie dieses Krystalls siehe bei Krystall 2 S. 477.

## Berechnung der Elemente.

Zur Elementberechnung konnten fünf gute Messungen verwendet werden.

An Krystall 2: $n = 2\infty$; gemessen: $\varphi\varrho = 68^0 14'; 89^0 57'$, daraus $\frac{p_0}{q_0} = 1{,}2522$

" " 4: $n = 2\infty$; " " $= 68\ 4; 89\ 20$ " " $= 1{,}2415$

" " 4: $n = 2\infty$; " " $= 68\ 10; 90\ 4$ " " $= 1{,}2480$

" " 4: $m = \infty$; " " $= 51\ 17; 90\ 0$ " " $= 1{,}2475$

" " 4: $k = \infty\frac{3}{2}$; " " $= 39\ 42; 90\ 0$ " " $= 1{,}2430$

Mittel aller fünf Verhältnisse: $\frac{p_0}{q_0} = 1{,}2464$

Für die Berechnung von $q_0$ fand sich nur eine befriedigende Messung. An Krystall 4: $e = 01$; gemessen $\varphi\varrho = 0^0 19'; 36^0 6'$, daraus $q_0 = 0{,}7292$.

Aus: $\frac{p_0}{q_0} = 1{,}2464$ und $q_0 = 0{,}7292$ berechnet sich $p_0 = 0{,}9089$.

## Winkeltabelle.

Rhombisch.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $a = 0{,}8023$ | $\lg a = 9{,}90433$ | $\lg a_0 = 0{,}04292$ $\lg p_0 = 9{,}95708$ | $a_0 = 1{,}1038$ | $p_0 = 0{,}9059$ |
| $c = 0{,}7268$ | $\lg c = 9{,}86141$ | $\lg b_0 = 0{,}13859$ $\lg q_0 = 9{,}86141$ | $b_0 = 1{,}3759$ | $q_0 = 0{,}7268$ |

| Nr. | Buchstab. | Symbol | Miller | $\varphi$ | $\varrho$ | $\xi_0$ | $\eta_0$ | $\xi$ | $\eta$ | $x$ (Prismen) $(x:y)$ | $y$ | $d = \operatorname{tg}\varrho$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $c$ | 0 | 001 | — | 00 0′ | 00 0′ | 00 0′ | 00 0′ | 00 0′ | 0 | 0 | 0 |
| 2 | $b$ | $0\infty$ | 010 | 00 0′ | 90 0 | " | 90 0 | " | 90 0 | 0 | $\infty$ | $\infty$ |
| 3 | $a$ | $\infty 0$ | 100 | 90 0 | " | 90 0 | 0 0 | 90 0 | 0 0 | $\infty$ | 0 | " |
| 4 | $l$ | $4\infty$ | 410 | 78 39· | " | " | 90 0 | 78 39· | 11 20· | 4,9858 | $\infty$ | " |
| 5 | $n$ | $2\infty$ | 210 | 68 8· | " | " | " | 68 8· | 21 51· | 2,4929 | " | " |
| 6 | $m$ | $\infty$ | 110 | 51 15· | " | " | " | 51 16· | 38 43· | 1,2464 | " | " |
| 7 | $k$ | $\infty\frac{3}{2}$ | 230 | 39 43· | " | " | " | 39 43· | 50 16· | 0,8310 | " | " |
| 8 | $e$ | 01 | 011 | 0 0 | 36 0· | 0 0 | 36 0· | 0 0 | 36 0· | 0 | 0,7268 | 0,7268 |
| 9 | $d$ | $\frac{1}{4}0$ | 104 | 90 0 | 12 45· | 12 45· | 0 0 | 12 45· | 0 | 0,2265 | 0 | 0,2265 |
| 10 | $r$ | $\frac{1}{2}$ | 112 | 51 15· | 30 8· | 24 22 | 19 58 | 23 3· | 18 19 | 0,4529 | 0,3634 | 0,5807 |
| 11 | $p$ | 1 | 111 | " | 49 16· | 42 10· | 36 0· | 36 14 | 28 18· | 0,9059 | 1,2464 | 1,1614 |
| 12 | $v$ | 2 | 221 | " | 66 42· | 61 6 | 55 28· | 45 45· | 35 5 | 1,8118 | 1,4536 | 2,3229 |
| 13 | $s$ | $1\frac{1}{2}$ | 212 | 68 8· | 44 18· | 42 10· | 19 58 | 40 24· | 15 4· | 0,9059 | 0,3634 | 0,9761 |
| 14 | $u$ | 12 | 121 | 31 56 | 59 43· | 42 10· | 55 28· | 27 10· | 47 8 | 0,9059 | 1,4875 | 1,7128 |
| 15 | $y$ | $\frac{1}{2}1$ | 122 | " | 40 34· | 24 22 | 36 0· | 20 7· | 33 30· | 0,4529 | 0,7268 | 0,8564 |
| 16 | $w$ | $\frac{1}{2}\frac{3}{2}$ | 132 | 22 33· | 49 44 | 24 22 | 47 28 | 17 1· | 44 48 | 0,4529 | 1,0890 | 1,1805 |
| 17 | $q$ | $\frac{1}{3}\frac{3}{2}$ | 123 | 31 56 | 29 43· | 16 48 | 25 51 | 15 12 | 24 53· | 0,3020 | 0,4845 | 0,5709 |
| 18 | $t$ | $\frac{1}{4}\frac{1}{2}$ | 124 | " | 23 11 | 12 45· | 19 58 | 12 1 | 19 31 | 0,2265 | 0,3634 | 0,4282 |
| 19 | $x$ | $\frac{3}{2}3$ | 362 | " | 68 44 | 53 39 | 65 21· | 29 32 | 52 16 | 1,3588 | 2,1804 | 2,5692 |

Brögger's Werte entsprechen: $q_0 = 0{,}7268.$
$p_0 = 0{,}9098.$

Lacroix hat die Elemente nicht neu berechnet.

Die Differenzen sind gering; doch fragt es sich, welchen Elementen der Vorzug zu geben ist. Aus Brögger's Beschreibung geht hervor, daß das Doma $e = 01$ an seinem Krystall besser ausgebildet ist, als an unseren Krystallen. Anderseits scheint es berechtigt, die Ergebnisse unserer Prismenzone den seinen vorzuziehen. Als beste Werte nehmen wir danach:

Brögger's $q_0 = 0{,}7268$; unser $\frac{p_0}{q_0} = 1{,}2464.$

Daraus ergeben sich als beste Elemente:

$$p_0 = 0{,}9059, \quad q_0 = 0{,}7268.$$

Mit diesen wurde die Winkeltabelle auf S. 480 berechnet.

Die folgende Tabelle soll über die am Hambergit bis jetzt beobachteten Formen nach **Häufigkeit** und **relativer Größe** Aufschluß geben. Wenn auch diese Angaben sich nur auf eine kleine Zahl von beschriebenen Krystallen stützen, so dürften sie doch das Wesentlichste enthalten.

**Häufigkeit und Größe der Flächen.**

| Nr. | Form | Symbol | Häufigkeit | | | Relative Größe | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | immer vorhanden | oft | einzeln | groß | mittel | klein |
| 1 | $c$ | 0 | . | $c$ | . | . | $c$ | . |
| 2 | $b$ | $0\infty$ | $b$ | . | . | . | $b$ | $b$ |
| 3 | $a$ | $\infty 0$ | $a$ | . | . | $a$ | $a$ | . |
| 4 | $l$ | $4\infty$ | . | $l$ | . | . | $l$ | . |
| 5 | $n$ | $2\infty$ | $n$ | . | . | $n$ | $n$ | . |
| 6 | $m$ | $\infty$ | $m$ | . | . | . | $m$ | . |
| 7 | $k$ | $\infty\frac{3}{2}$ | . | . | $k$ | . | . | $k$ |
| 8 | $e$ | 01 | $e$ | . | . | $e$ | . | . |
| 9 | $d$ | $\frac{1}{4}0$ | . | $d$ | . | . | $d$ | . |
| 10 | $r$ | $\frac{1}{2}$ | . | $r$ | . | . | $r$ | $r$ |
| 11 | $p$ | 1 | . | . | $p$ | $p$ | . | . |
| 12 | $?v$ | 2 | . | $?v$ | . | . | $?v$ | . |
| 13 | $s$ | $1\frac{1}{2}$ | . | . | $s$ | . | $s$ | $s$ |
| 14 | $u$ | 12 | . | . | $u$ | . | . | $u$ |
| 15 | $y$ | $\frac{1}{2}1$ | . | $y$ | . | . | . | $y$ |
| 16 | $w$ | $\frac{1}{3}\frac{3}{2}$ | . | $w$ | . | . | . | $w$ |
| 17 | $q$ | $\frac{1}{3}\frac{2}{3}$ | . | $q$ | . | . | . | $q$ |
| 18 | $t$ | $\frac{1}{1}\frac{1}{2}$ | . | . | $t$ | . | . | $t$ |
| 19 | $x$ | $\frac{3}{2}3$ | . | . | $x$ | . | . | $x$ |

**Reflexe.** Wir beobachteten neben einfachen Reflexen Lichtflecke und Lichtzüge. Die wichtigsten (von Krystall 2) sind im Projectionsbild

Taf. VI, Fig. 11 eingetragen. Ihre Entstehung verdanken sie teils der Krümmung der Flächen, teils den Accessorien auf denselben. In den gezeichneten Reflexzügen gibt sich der rhombische Charakter des Hambergits zu erkennen.

Interessant sind die drei Lichtzüge von $r$ aus; sie bestimmen den Ort $r = \frac{1}{2}$. Auf $c$ erscheinen die Züge $cd$; sie endigen im Ort $d = \frac{1}{4}0$. Ihnen folgen zu beiden Seiten zwei in den Schnitten mit den Zonen $cb$ und $dr$ verstärkte Lichtzüge.

## Anhang

von Frdr. C. Müller (Basel).

Die optischen Untersuchungen an Hambergit von Madagaskar führten zu den aus den folgenden Tabellen ersichtlichen Resultaten. Die Untersuchungen wurden im mineralogischen Institut der Universität Heidelberg ausgeführt. Das zur Verarbeitung nötige Material verdanke ich der Güte des Herrn Prof. V. Goldschmidt; ich bin ihm dafür zu Danke verpflichtet.

Die Brechungsexponenten wurden an drei Prismen bestimmt, die Axenwinkel an zwei zur ersten Mittellinie normal geschliffenen Präparaten.

**Brechungsexponenten.**

| Nr. | $\lambda$[1] in $\mu\mu$ | $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | Nach Lacroix[2] $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ | Nach Brögger[3] $\alpha$ | $\beta$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 404,7 *Hg* | 1,5669 | 1,6026 | 1,6444 | — | — | — | — | — | — |
| 2 | 435,8 „ | 1,5635 | 1,5991 | 1,6402 | — | — | — | — | — | — |
| 3 | 491,6 „ | 1,5595 | 1,5943 | 1,6348 | — | — | — | — | — | — |
| 4 | 535,0 *Tl* | — | — | — | — | — | — | 1,5693 | 1,5928 | 1,6334 |
| 5 | 546,1 *Hg* | 1,5562 | 1,5909 | 1,6309 | — | — | — | — | — | — |
| 6 | 589,3 *Na* | 1,5542 | 1,5885 | 1,6285 | 1,5530 | 1,5854 | 1,6272 | 1,5595 | 1,5908 | 1,6311 |
| 7 | 623,9 *Hg* | 1,5529 | 1,5870 | 1,6267 | — | — | — | — | — | — |
| 8 | 670,8 *Li* | — | — | — | — | — | — | 1,5542 | 1,5891 | 1,6294 |

**Doppelbrechung.**

| Nr. | $\lambda$ in $\mu\mu$ | $\gamma - \alpha$ | Lacroix $\gamma - \alpha$ | Brögger $\gamma - 2\alpha$ |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 404,7 *Hg* | 0,0775 | — | — |
| 2 | 435,8 „ | 0,0767 | — | — |
| 3 | 491,6 „ | 0,0755 | — | — |
| 4 | 535,0 *Tl* | — | — | 0,0638 |
| 5 | 546,1 *Hg* | 0,0748 | — | — |
| 6 | 589,3 *Na* | 0,0743 | 0,0742 | 0,0716 |
| 7 | 623,9 *Hg* | 0,0738 | — | — |
| 8 | 670,8 *Li* | — | — | 0,0752 |

1) Die Wellenlängen des Quecksilberspectrums sind den Angaben von H. Rose entnommen: Über Dispersion und Rotationsdispersion. Jahrb. f. Min. usw. 1909, Beil.-Bd. **29**, 60—61.

2) Bull. soc. Franç. 1909, **32**, 323.

3) Diese Zeitschr. 1890, **16**, 65.

Zur Messung der Axenwinkel wurden die Präparate in Wasser getaucht. Die Brechungsexponenten für Wasser sind an einem Flüssigkeitsprisma bestimmt worden.

**Axenwinkel.**

| Nr. | $\lambda$ in $\mu\mu$ | $n$ Wasser (17°) | $2V_a$ aus den Messung. | $2V_a$ aus den Brechungs-expon. | $2V_a$ Lacroix | $2V_a$ Brögger aus den Messung. | $2V_a$ Brögger aus den Brechungs-expon. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 435,8 *Hg* | 1,3407 | 87°30,4′ | 88° 8,2′ | — | — | — |
| 2 | 491,6 *Hg* | 1,3373 | 87 24,0 | 88 5,4 | — | — | — |
| 3 | 535,0 *Tl* | — | — | — | — | 87°24,5′ | — |
| 4 | 546,1 *Hg* | 1,3349 | 87 20,0 | 87 58,2 | — | — | — |
| 5 | 589,3 *Na* | 1,3334 | 87 17,4 | 87 38,8 | 86°22′ | 87 7 | 87°40′ |
| 6 | 623,9 *Hg* | 1,3324 | 87 16,0 | 87 44,0 | — | — | — |
| 7 | 670,8 *Li* | — | — | — | — | 86 50 | — |

Der optische Charakter des Minerals ist positiv $a = \mathfrak{a}$, $c = \mathfrak{c}$. Lacroix macht auf die niedereren Brechungsexponenten des Madagaskar Hambergits gegenüber denen des norwegischen aufmerksam. Die neuen Messungen stehen den Brögger'schen etwas näher (*Na*).

Die von Brögger angegebenen Brechungsexponenten ergeben eine Dispersion der Doppelbrechung $\varrho > v$. Die Messungen am Material von Madagaskar führen auf $v > \varrho$.

Für die Dispersion der optischen Axen ist $v > \varrho$.

Heidelberg, Mai 1910.

# XXIX. Analyse und chemische Zusammensetzung der Fahlerze.

Von

**A. Kretschmer in Breslau.**

(Mit 1 Textfigur.)

---

## I. Teil. Die Fahlerzformeln und ihre Grundlagen.

### 1. Die verschiedenen Auffassungen.

Heinrich Rose stellte in seiner vorbildlichen Arbeit über die natürlichen Sulfosalze (Poggend. Annalen 1829, **15**, 580) die Fahlerzformel $(Cu_2, Ag_2, Zn, Fe)_4(Sb, As)_2S_7$ auf, die bis zum heutigen Tage fast allgemein beibehalten wird, obwohl man öfters Bedenken dagegen erhoben und versucht hat, die chemische Zusammensetzung der Fahlerze anders zu formulieren. Petersen sah sich auf Grund neuer und älterer ausgewählter Analysen (N. Jahrb. f. Min. usw. 1870, 455) veranlaßt, der Formel $(Cu_2, Zn)_3(Sb, As)_2S_6$ »zur allgemeinen Bezeichnung des Fahlerztypus unbedingt den Vorzug zu geben.« Fünf sehr sorgfältige, mit dem Preise der königlich ungarischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft gekrönte Analysen von K. Hidegh (Tscherm. Mitt. 1880, N. F. **2**, 350) regten Kenngott zu seinen umfangreichen Berechnungen »Über die Fahlerzformel« an (N. Jahrb. f. Min. 1881, **2**, 245) und führten ihn zu dem Ergebnis, daß in den Fahlerzen isomorphe Mischungen der Verbindungen $(Cu_2, Ag_2)_4(Sb, As)_2S_7$ und $(Fe, Zn)_3(Sb, As)_2S_6$ vorlägen. Nach langem Festhalten an Rose's Formel gelangte Rammelsberg (Mineralch. 1886, 95) ebenfalls durch zahlreiche Berechnungen zu der Formulierung: $(Cu_2, Ag_2, Fe, Zn)_4(Sb, As)_2S_7$ und $(Cu_2, Ag_2, Fe, Zn)_3(Sb, As)_2S_6$ und deren Mischungen. Aus zwei trefflich übereinstimmenden Analysen von Fraatz berechnete Hampe (Chemik.-Zeitg. 1893, 1691) die empirische Formel $(Cu_2, Ag_2, Fe, Zn)_7(Sb, As)_4S_{13}$ in Übereinstimmung mit Rammelsberg, oder, wenn er Kupfer und Silber als »Monosulfide« annahm, »$(Cu_2, Ag_2, Fe, Zn)_{12}Sb_4S_{13}$«, die nach Luedecke (Min. d. Harzes 1896, 165) als morphotropes Gemisch von Sulfantimonit und Sulfantimoniat aufgefaßt wer-

den kann, entsprechend »$3[(Cu_2, Ag_2, Fe, Zn)_3 Sb S_3] + (Cu_2, Ag_2, Fe, Zn)_3 Sb S_4$«. Zu dieser Auffassung ist zu bemerken, einmal, daß es ein Silbermonosulfid nicht gibt, zweitens, daß ein Kupfermonosulfid hier eben nicht angenommen werden darf, weil schon von H. Rose und seitdem immer wieder, insbesondere auch durch die Fraatz'schen Analysen selbst, in den Fahlerzen die gewöhnlichen Schwefelungsstufen der Metalle nachgewiesen worden sind, und endlich, daß Sulfantimonit und Sulfantimoniat chemisch richtig $(Cu_2, Zn)_3 Sb_2 S_6$ und $(Cu_2, Zn)_3 Sb_2 S_8$ zu schreiben wären. Tschermak (Mineralogie 1894, 364) zerlegt die empirische Formel der besten Analysen $Cu_{10} Zn_2 Sb_4 S_{13}$ in die isomorphen Componenten $Cu_3 Sb S_3$ und $Cu Zn_2 Sb S_4$, die den Rotgiltigerzen und dem Stefanit, bezw. Geokronit entsprechen sollen. Endlich leiteten Prior und Spencer (Min. Soc. London 1899, **12**, 193) aus fünf neuen Analysen Prior's die Formel $Cu_6 Sb_2 S_6 + x\, Zn_6 Sb_2 S_9$ ab.

## 2. Analysenberechnungen.

Da die Mineralchemiker Penfield's Forderung (diese Zeitschr. 1900, **33**, 529) mit jeder Analyse zugleich auch die »nicht abgerundeten« Atomverhältniszahlen zu veröffentlichen nur selten erfüllt haben, so schien es zunächst geboten, die vorhandenen Analysen durchzurechnen, um auf diese Weise vielleicht Aufschluß über die Berechtigung der verschiedenen Formeln zu erlangen. Diese Aufgabe wurde wesentlich erleichtert durch das vollständige Verzeichnis der Fahlerzanalysen in C. Hintze's »Handbuch der Mineralogie« (19. Liefg. 1901, 1110—1119). Mit den Formeln von H. Rose oder Petersen und Rammelsberg stimmt eine Analyse überein, wenn sich die Summe der zweiwertigen und die halbe Summe der einwertigen Metallatome zusammengenommen wie 4 : 2 oder wie 3 : 2 verhält (Fall I). Die Formeln von Tschermak und Prior-Spencer kommen darin überein, daß sich die Summe der ein- und zweiwertigen Metallatome zu derjenigen der dreiwertigen wie 6 : 2 verhält (Fall III).

Für Kenngott's Formel war eine besondere Zahl zu berechnen, die man erhält, wenn man von vornherein $(Zn, Fe)_3 Sb_2 S_6$ subtrahiert und dann das Kupfer durch den Rest des Antimons dividiert (Fall II). Bei den Analysen 23—24, 48—50 und 109—112, die sehr nahe übereinstimmen (cf. Hintze, l. c.), habe ich die durchschnittlichen Procentzahlen angewandt. Die nach 1901 veröffentlichten Analysen bilden den Schluß der Tabelle. Alle berechneten Verhältniszahlen beziehen sich auf Antimon + Arsen = 2,00. Als Atomgewichte dienten diejenigen der internationalen Atomgewichtstabelle von 1908.

| | | *Cu* | *Ag* | *Zn* | *Fe* | *Sb* | *As* | *S* | incl. | I. | II. | III. | *S* gefunden | *S* berechnet |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Markirch. H. Rose, | 40,60 | 0,60 | 3,69 | 4,66 | 12,46 | 10,19 | 26,83 | 0,41 $SiO_2$ | | | | | |
| | Pogg. Ann. 1829, **15**, 577. | 6383 | 56 | 564 | 834 | 1036 | 1359 | 8362 | | 3,9 | 4,4 | 6,5 | 7,0 | 6,9 |
| 2 | Desgl. Berthier, | 39,20 | 1,00 | — | 4,50 | 4,50 | 25,00 | 22,80 | | | | | | |
| | Ann. min. 1825, **11**, 121. | 6164 | 93 | — | 805 | 372 | 3333 | 7112 | | 2,9 | 2,9 | 5,2 | 5,4 | 5,9 |
| 3 | Wolfach. Klaproth, | 25,50 | 13,25 | — | 7,00 | 27,00 | — | 25,50 | | | | | | |
| | Beitr. 1807, **4**, 73. | 4009 | 1229 | — | 1252 | 2246 | — | 7954 | | 3,4 | 3,7 | 5,8 | 7,1 | 6,5 |
| 4 | Desgl. H. Rose, | 25,23 | 17,71 | 3,10 | 3,72 | 26,63 | — | 23,52 | | | | | | |
| | Pogg. Ann. 1829, **15**, 579. | 3967 | 1640 | 474 | 665 | 2241 | — | 7336 | | 3,5 | 7,4 | 6,0 | 6,6 | 6,5 |
| 5 | Desgl. Prior, Min. Soc. Lond. | 30,56 | 15,26 | — | 3,51 | 27,73 | — | 23,15 | 0,05 $Pb$ | | | | | |
| | 1899, **12**, Nr. 56, 202. | 4805 | 1414 | — | 628 | 2304 | — | 7221 | 2 | 3,1 | 3,3 | 5,9 | 6,3 | 6,2 |
| 6 | Schapbach. Mutschler bei Hilger, | 40,20 | 0,90 | 3,00 | 4,20 | 17,00 | 11,20 | 23,00 | 0,40 $Bi$ | | | | | |
| | Ann. Chem. Pharm. **185**, 205. | 6321 | 83 | 457 | 764 | 1414 | 1493 | 7174 | 19 | 2,8 | 3,0 | 5,2 | 4,9 | 6,0 |
| 7 | Freudenstadt. Hilger, | 33,83 | 1,37 | — | 6,40 | 14,72 | 6,98 | 26,40 | 4,21 $Co$, 4,55 $Bi$ | | | | | |
| | Pogg. Ann. 1865, **124**, 500. | 5319 | 127 | — | 1145 | 1233 | 931 | 8228 | 714 266 | 3,8 | 4,6 | 6,0 | 6,8 | 6,8 |
| 8 | Neubulach. Senfter bei Petersen, | 41,43 | — | 3,82 | 3,74 | 4,28 | 13,53 | 24,85 | 1,52 $Pb$, 6,33 $Bi$ | | | | | |
| | N. Jahrb. f. Min. 1870, 464. | 6514 | — | 584 | 669 | 356 | 1806 | 7751 | 73 304 | 3,7 | 4,1 | 6,4 | 6,3 | 6,7 |
| 9 | Moschel-Landsberg. Oellacher bei | 32,19 | — | 0,10 | 1,41 | 23,45 | 0,31 | 21,90 | 17,32 $Hg$, 0,23 $Co$, 1,57 $Bi$ | | | | | |
| | Sandberger, N. Jahrb. 1865, 595. | 5061 | — | 15 | 252 | 1951 | 41 | 6831 | 866 39 75 | 3,6 | 3,9 | 6,0 | 6,6 | 6,6 |
| 10 | Kahl. Mutschler bei Sandberger, | 36,60 | 0,50 | 4,50 | 3,60 | 24,90 | 2,60 | 25,90 | 0,50 $Co$ | | | | | |
| | N. Jahrb. f. Min. 1877, 275. | 5707 | 46 | 688 | 644 | 2072 | 347 | 8079 | 85 | 3,5 | 3,9 | 5,9 | 6,7 | 6,6 |
| 11 | Sommerkahl. Petersen, | 46,66 | — | 0,88 | 3,03 | — | 20,63 | 27,45 | 0,30 $Co$, 0,98 $Bi$ | | | | | |
| | N. Jahrb. f. Min. 1881, **1**, 262. | 7336 | — | 135 | 542 | — | 2751 | 8562 | 51 47 | 3,1 | 3,2 | 5,8 | 6,1 | 6,1 |
| 12 | Kaulsdorf. Hilger, | 32,04 | 0,22 | 3,84 | 4,85 | 15,05 | 10,91 | 28,34 | 0,43 $Pb$, 2,95 $Co$, 1,83 $Bi$ | | | | | |
| | Pogg. Ann. 1865, **124**, 500. | 5035 | 20 | 587 | 868 | 1252 | 1359 | 8839 | 21 500 89 | 3,3 | 2,0 | 5,2 | 6,5 | 6,3 |
| 13 | Mornshausen. Sandmann, Ann. | 38,17 | 0,62 | 6,28 | 1,59 | 25,65 | 1,65 | 24,61 | | | | | | |
| | Chem. Pharm. 1854, **89**, 364. | 6000 | 57 | 960 | 284 | 2134 | 220 | 7676 | | 3,6 | 4,0 | 6,0 | 6,5 | 6,6 |
| 14 | Dillenburg. H. Rose, | 38,42 | 0,83 | 6,85 | 1,52 | 25,27 | 2,26 | 25,03 | | | | | | |
| | Pogg. Ann. 1829, **15**, 578. | 6041 | 77 | 1047 | 272 | 2102 | 301 | 7807 | | 3,6 | 4,0 | 6,2 | 6,5 | 6,6 |
| 15 | Horhausen. Prior, Min. Soc. Lond. | 41,55 | — | 2,63 | 1,02 | 28,32 | — | 24,33 | 0,62 $Pb$, 0,83 $Bi$ | | | | | |
| | 1899, **12**, Nr. 56, 200. | 6533 | — | 402 | 182 | 2356 | — | 7589 | 29 39 | 3,2 | 3,3 | 6,0 | 6,3 | 6,2 |
| 16 | Müsen. Hengstenberg bei Ram- | 36,09 | 0,15 | 2,92 | 6,33 | 26,80 | 0,71 | 25,85 | 0,15 $Pb$, 0,92 $Mn$ | | | | | |
| | melsberg, Mineralch. 1875, 107. | 5675 | 14 | 447 | 1132 | 2229 | 95 | 8063 | 7 167 | 3,9 | 4,9 | 6,4 | 6,9 | 6,9 |
| 17 | Stahlberg bei Müsen. Sandmann | 38,41 | 0,69 | 6,50 | 2,29 | 19,71 | 4,98 | 25,52 | 0,36 $SiO_2$ | | | | | |
| | wie bei Nr. 13. | 6039 | 64 | 994 | 409 | 1639 | 664 | 7960 | | 3,9 | 4,4 | 6,5 | 6,9 | 6,9 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 18 | Schwabengrube bei Müsen. Rammelsberg, Mineralch. 1875, 107. | 39,88 | 0,60 | 3,50 | 3,43 | 19,15 | 4,93 | 25,46 | 1,64 (*Ni, Co*) | | | | | |
| | | 6270 | 56 | 535 | 614 | 1593 | 657 | 7941 | 278 | 4,1 | 4,9 | 6,9 | 7,1 | 7,1 |
| 19 | Landskrone. Aldendorf bei Rammelsberg, ebenda. | 38,78 | 1,13 | 3,78 | 3,30 | 25,86 | 1,56 | 24,59 | | | | | | |
| | | 6097 | 105 | 579 | 590 | 2151 | 208 | 7670 | | 3,6 | 3,9 | 6,3 | 6,7 | 6,6 |
| 20 | Rammelsberg. Kerl, Berg- und Hüttenm. Zeitg. 1853, 20. | 37,95 | 0,67 | 2,52 | 2,24 | 28,78 | — | 25,82 | | | | | | |
| | | 5967 | 62 | 385 | 401 | 2394 | — | 8054 | | 3,2 | 3,2 | 5,7 | 6,7 | 6,2 |
| 21 | Clausthal. Sander b. Rammelsberg, Mineralch. 1. Suppl. 1843, 51. | 35,70 | 8,90 | — | 4,50 | 26,80 | — | 24,10 | 0,90 *Pb* | | | | | |
| | | 5613 | 825 | — | 805 | 2230 | — | 7517 | 43 | 3,6 | 3,9 | 6,5 | 6,7 | 6,6 |
| 22 | Desgl. »Rosenhöfer Zug«. Schindling, N. Jahrb. 1856, 335. | 33,15 | 5,14 | 5,77 | 2,73 | 28,52 | — | 25,65 | | | | | | |
| | | 5212 | 476 | 882 | 488 | 2373 | — | 8001 | | 3,6 | 3,9 | 5,9 | 6,7 | 6,6 |
| 23-24 | Desgl. Fraatz bei Hampe, Chemiker-Zeitg. 1893, **17**, 1691. | 35,65 | 3,36 | 5,29 | 2,36 | 28,63 | — | 24,72 | | | | | | |
| | | 5605 | 311 | 809 | 422 | 2382 | — | 7711 | | 3,5 | 3,8 | 6,0 | 6,6 | 6,5 |
| 25 | Desgl. »Silbersegen«. Kuhlemann, Ztschr. ges. Naturw. 1856, **8**, 500. | 34,59 | 3,18 | 3,43 | 6,23 | 27,64 | — | 25,54 | | | | | | |
| | | 5439 | 294 | 524 | 1114 | 2210 | — | 7967 | | 4,1 | 5,0 | 6,7 | 7,2 | 7,1 |
| 26 | Desgl. »Zilla«. Klaproth, Beitr. 1807, **4**, 71. | 37,50 | 3,00 | — | 6,50 | 29,00 | — | 21,50 | | | | | | |
| | | 5896 | 278 | — | 1163 | 2412 | — | 6706 | | 3,4 | 3,6 | 5,9 | 5,4 | 6,4 |
| 27 | Desgl. »Zilla«. H. Rose, Pogg. Ann. 1829, **15**, 578. | 34,48 | 4,97 | 5,55 | 2,27 | 28,24 | — | 24,73 | | | | | | |
| | | 5736 | 460 | 849 | 406 | 2349 | — | 7714 | | 3,7 | 4,1 | 6,3 | 6,6 | 6,7 |
| 28 | Andreasberg. Kuhlemann, wie bei Nr. 25. | 37,18 | 1,58 | 5,00 | 3,94 | 27,38 | 0,67 | 25,22 | | | | | | |
| | | 5846 | 146 | 763 | 705 | 2278 | 89 | 7867 | | 3,5 | 4,3 | 6,3 | 6,6 | 6,8 |
| 29 | Desgl. »Andreaskreuz«. Jordan, Journ. f. pr. Chem. 1837, **9**, 92. | 39,39 | 1,19 | — | 1,55 | 31,75 | 1,54 | 24,58 | | | | | | |
| | | 6193 | 110 | — | 277 | 2641 | 205 | 7667 | | 2,4 | 2,8 | 4,6 | 5,4 | 5,4 |
| 30 | Meiseberg. Rammelsberg, Pogg. Ann. 1849, **77**, 247. | 30,47 | 10,48 | 3,39 | 3,52 | 26,56 | — | 24,80 | 0,78 *Pb* | | | | | |
| | | 4791 | 971 | 518 | 629 | 2209 | — | 7735 | 37 | 3,7 | 4,1 | 6,3 | 7,0 | 6,7 |
| 31 | Tannhöfer Gesenk. Ders. Ebenda. | 31,53 | 7,27 | 3,25 | 4,36 | 26,44 | — | 24,22 | | | | | | |
| | | 4957 | 674 | 497 | 779 | 2199 | — | 7554 | | 3,7 | 4,3 | 6,3 | 6,9 | 6,7 |
| 32 | Desgl. Ders. Ebenda. | 32,46 | 7,55 | 3,00 | 4,19 | 25,74 | — | 24,69 | | | | | | |
| | | 5104 | 699 | 459 | 749 | 2141 | — | 7701 | | 3,8 | 4,3 | 6,5 | 7,2 | 6,8 |
| 33 | Kamsdorf. Amelung b. Rammelsberg, Min. Ch. 2. Suppl. 1845, 51. | 38,78 | — | 3,59 | 5,03 | 28,87 | — | 23,73 | | | | | | |
| | | 6098 | — | 548 | 899 | 2402 | — | 7402 | | 3,7 | 4,2 | 6,3 | 6,2 | 6,7 |
| 34 | Gersdorf. H. Rose, Pogg. Ann. 1829, **15**, 577. | 38,63 | 2,37 | 2,76 | 4,89 | 16,52 | 7,21 | 26,33 | | | | | | |
| | | 6074 | 219 | 422 | 875 | 1374 | 961 | 8213 | | 3,8 | 4,3 | 6,5 | 7,0 | 6,8 |
| 35 | Freiberg (Junge hohe Birke). Klaproth, Beitr. 1807, **4**, 47. | 41,00 | 0,40 | — | 22,50 | — | 24,10 | 10,00 | | | | | | |
| | | 6446 | 37 | — | 4025 | — | 3213 | 3119 | | 4,5 | 12,3 | 6,5 | 1,9 | 7,5 |
| 36 | Desgl. (Kröner). Ders. Ebenda. | 48,00 | 0,50 | — | 25,50 | — | 14,00 | 10,00 | | | | | | |
| | | 7547 | 46 | — | 4561 | — | 1867 | 3119 | | 8,9 | — | 13,0 | 3,3 | 11,9 |
| 37 | Desgl. (Prophet Jonas). Ders. Ebenda. | 42,50 | 0,90 | — | 27,50 | 1,50 | 15,60 | 10,00 | | | | | | |
| | | 6682 | 83 | — | 4919 | 124 | 2080 | 3119 | | 7,5 | — | 10,6 | 2,8 | 10,5 |

| | | *Cu* | *Ag* | *Zn* | *Fe* | *Sb* | *As* | *S* | incl. | I. | II. | III. | *S* gefunden | *S* berechnet |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 38 | Freiberg (Prophet Jonas). Plattner, | 41,07 | — | 8,89 | 2,22 | — | 18,88 | 28,11 | 0,34 *Pb* | | | | | |
| | Pogg. Ann. 1846, **67**, 422. | 6457 | — | 1359 | 398 | — | 2517 | 8768 | 16 | 4,0 | 4,8 | 6,5 | 6,9 | 7,0 |
| 39 | Desgl. Wandesleben, Chem. | 42,02 | 0,06 | 1,89 | 8,41 | 17,40 | 2,40 | 27,27 | | | | | | |
| | Jahresber. 1854, 814. | 6607 | 5 | 289 | 1504 | 1448 | 320 | 8505 | | 5,7 | 11,6 | 9,5 | 9,6 | 8,8 |
| 40 | Desgl. (Weißgiltig, Hab Acht). | 14,81 | 31,29 | 0,99 | 5,98 | 24,63 | — | 21,17 | | | | | | |
| | H. Rose, Pogg. Ann. 1829, **15**, 579. | 2328 | 2899 | 151 | 1069 | 2049 | — | 6603 | | 3,7 | 4,2 | 6,3 | 6,4 | 6,7 |
| 41 | Annaberg. Klaproth, Beitr. | 40,25 | 0,30 | — | 13,50 | 23,00 | 0,75 | 18,50 | | | | | | |
| | 1807, **4**, 67. | 6329 | 27 | — | 2415 | 1913 | 100 | 5770 | | 5,7 | 15,9 | 8,7 | 5,7 | 8,6 |
| 42 | Kupferberg. Websky, Zeitschr. | 52,30 | 0,54 | — | 0,79 | 1,42 | 16,78 | 26,50 | | | | | | |
| | d. geol. Ges. 1871, **23**, 489. | 8223 | 50 | — | 111 | 118 | 2237 | 8266 | | 3,6 | 6,6 | 7,1 | 7,0 | 6,6 |
| 43 | Gaablau. Krieg bei Rammelsberg, | 34,34 | 5,33 | 3,52 | 5,37 | 26,79 | — | 25,08 | | | | | | |
| | Mineralch. 1875, 105. | 5399 | 494 | 538 | 961 | 2229 | — | 7823 | | 4,0 | 4,8 | 6,6 | 7,0 | 7,0 |
| 44 | Přibram. Mann bei Babanek, | 10,80 | 26,10 | 2,00 | 2,40 | 23,00 | — | 24,90 | 10,80 *Pb* | | | | | |
| | Tscherm. Mitt. N. F. **6**, 85. | 1698 | 2418 | 306 | 429 | 1913 | — | 7767 | 522 | 3,5 | 3,8 | 5,5 | 8,1 | 6,5 |
| 45 | Kremnitz. Klaproth, Beitr. 1795, | 31,36 | 14,77 | — | 3,30 | 34,09 | — | 11,50 | 0,30 $Al_2O_3$ | | | | | |
| | **1**, 180. | 4931 | 1359 | — | 590 | 2836 | — | 3587 | | 2,6 | 2,6 | 5,6 | 2,5 | 5,6 |
| 46 | Herrengrund. Hidegh, Tscherm. | 39,81 | 0,05 | 1,44 | 4,75 | 22,82 | 4,75 | 25,75 | | | | | | |
| | Mitt. N. F. **2**, 356. | 6259 | 4 | 220 | 849 | 1898 | 633 | 8032 | | 3,3 | 3,4 | 5,8 | 6,3 | 6,3 |
| 47 | Kotterbach. Scheidhauer, Pogg. | 37,54 | — | 1,07 | 5,21 | 19,34 | 4,23 | 24,74 | 7,87 *Hg* | | | | | |
| | Ann. 1843, **58**, 161. | 5903 | — | 164 | 932 | 1609 | 564 | 7716 | 393 | 4,1 | 5,0 | 6,8 | 7,1 | 7,0 |
| 48-50 | Desgl. G. vom Rath, Pogg. Ann. | 35,33 | — | 0,69 | 0,87 | 19,34 | 2,94 | 22,53 | 17,27 *Hg*, 0,21 *Pb*, 0,81 *Bi* | | | | | |
| | 1855, **96**, 322. | 5555 | — | 105 | 135 | 1609 | 392 | 7026 | 863 10 38 | 3,8 | 4,4 | 6,6 | 6,9 | 6,8 |
| 51 | Desgl. v. Hauer, Jahrb. d. geol. | 36,59 | 0,11 | — | 7,11 | 26,70 | — | 25,90 | 3,07 *Hg* | | | | | |
| | Reichsanst. 1852, **3**, 98. | 5753 | 10 | — | 1272 | 2221 | — | 8079 | 153 | 3,9 | 4,5 | 6,5 | 7,3 | 6,9 |
| 52 | Poracs (Andrei Berghandlung). | 34,23 | 0,11 | — | 9,46 | 33,33 | — | 19,38 | 3,57 *Hg* | | | | | |
| | Ders. Ebenda. | 5382 | 9 | — | 1690 | 2773 | — | 6045 | 178 | 3,3 | 3,5 | 5,2 | 4,4 | 6,3 |
| 53 | Desgl. (Gustav Friederici). Ders. | 30,58 | 0,09 | — | 1,46 | 25,48 | — | 24,37 | 16,69 *Hg* | | | | | |
| | Ebenda. | 4808 | 8 | — | 261 | 2119 | — | 7601 | 834 | 3,3 | 3,5 | 5,6 | 7,2 | 6,3 |
| 54 | Desgl. (H. Geist Transaction). | 32,80 | 0,07 | — | 5,85 | 30,18 | — | 24,89 | 5,57 *Hg* | | | | | |
| | Ders. Ebenda. | 5157 | 6 | — | 1046 | 2511 | — | 7764 | 279 | 3,1 | 3,2 | 5,2 | 6,2 | 6,1 |
| 55 | Desgl. (Rothbauer Stollen). Ders. | 39,04 | 0,12 | — | 7,38 | 31,56 | — | 22,00 | 0,52 *Hg* | | | | | |
| | Ebenda. | 6138 | 11 | — | 1322 | 2626 | — | 6862 | 26 | 3,4 | 3,6 | 5,8 | 5,2 | 6,4 |
| 56 | Desgl. Klaproth, Beitr. 1807, **4**, | 39,00 | — | — | 7,50 | 19,50 | — | 26,00 | 6,25 *Hg* | | | | | |
| | 65. | 6132 | — | — | 1342 | 1622 | — | 8109 | 312 | 5,8 | 11,8 | 9,6 | 10,0 | 8,8 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 57 | Desgl. Löwe, Berg- u. Hüttenm. Jahrb. **13**, 24. | 38,80 | — | 1,20 | 5,39 | 19,29 | 4,27 | 24,16 | 6,69 *Hg* | | | | | |
| | | 6104 | — | 183 | 964 | 1605 | 569 | 7536 | 334 | 4,2 | 5,1 | 6,9 | 6,9 | 7,2 |
| 58 | Kapnik. Klaproth, Beitr. 1807, **4**, 56. | 37,75 | 0,25 | 5,00 | 3,25 | 22,00 | — | 28,00 | | | | | | |
| | | 5935 | 23 | 764 | 599 | 1830 | — | 8734 | | 4,7 | 6,4 | 8,0 | 9,5 | 7,7 |
| 59 | Desgl. H. Rose, Pogg. Ann. 1829, **15**, 577. | 37,98 | 0,62 | 7,29 | 0,86 | 23,94 | 2,88 | 25,77 | | | | | | |
| | | 5971 | 57 | 1114 | 134 | 1992 | 384 | 8038 | | 3,6 | 4,0 | 6,1 | 6,8 | 6,6 |
| 60 | Desgl. Hidegh, Tscherm. Mitt. N. F. **2**, 353. | 37,83 | 1,32 | 7,25 | 0,94 | 24,21 | 2,88 | 25,31 | | | | | | |
| | | 5948 | 122 | 1108 | 168 | 2014 | 384 | 7895 | | 3,6 | 4,0 | 6,1 | 6,5 | 6,6 |
| 61 | Desgl. Ders. Ebenda **2**, 354. | 32,59 | 6,76 | 5,77 | 0,90 | 25,63 | 1,08 | 24,25 | 0,83 *Mn* | | | | | |
| | | 5124 | 626 | 882 | 141 | 2132 | 144 | 7564 | 151 | 3,6 | 3,7 | 6,1 | 6,6 | 6,6 |
| 62 | Scáscka. Ders. Ebenda **2**, 355. | 53,60 | 0,08 | — | 0,39 | 0,10 | 19,11 | 25,98 | | | | | | |
| | | 8427 | 7 | — | 69 | 8 | 2548 | 8104 | | 3,3 | 3,8 | 6,7 | 6,4 | 6,4 |
| 63 | Botés. Loczka, diese Zeitschr. **34**, 86. | 37,22 | 1,51 | 6,59 | 0,80 | 26,61 | 0,38 | 25,16 | 0,33 *Pb*, 0,69 *Mn* | | | | | |
| | | 5852 | 139 | 1007 | 143 | 2214 | 50 | 7848 | 16 125 | 3,3 | 4,3 | 6,3 | 6,9 | 6,8 |
| 64 | Nagyág. Hidegh, Tscherm. Mitt. **2**, 355. | 39,75 | 0,29 | 5,55 | 1,77 | 11,35 | 12,07 | 26,52 | 1,23 *Mn* | | | | | |
| | | 6250 | 27 | 848 | 317 | 944 | 1609 | 8272 | 223 | 3,5 | 3,9 | 6,0 | 6,5 | 6,5 |
| 65 | Schwaz. Weidenbusch, Pogg. Ann. 1849, **76**, 86. | 34,57 | — | 1,34 | 2,24 | 21,35 | — | 22,96 | 15,57 *Hg*, 0,88 Gangart | | | | | |
| | | 5435 | — | 204 | 401 | 1777 | — | 7162 | 779 | 4,6 | 6,3 | 7,6 | 8,1 | 7,6 |
| 66 | Desgl. Peltzer, Ann. Chem. Pharm. 1863, **126**, 340. | 42,46 | 0,55 | 2,81 | 4,41 | 16,85 | 6,65 | 25,65 | | | | | | |
| | | 6678 | 50 | 429 | 788 | 1402 | 887 | 8001 | | 4,0 | 4,5 | 6,9 | 7,0 | 7,0 |
| 67 | Desgl. Ders. Ebenda. | 38,16 | — | 4,51 | 3,38 | 20,86 | 6,39 | 26,65 | 0,25 *Hg* | | | | | |
| | | 6000 | — | 690 | 604 | 1735 | 852 | 8313 | 12 | 3,4 | 3,6 | 5,6 | 6,4 | 6,4 |
| 68 | Brixlegg. Untschj, Mitt. d. naturw. Ver. Steierm. 1872, 60. | 39,37 | — | 4,43 | 3,26 | 20,44 | 6,96 | 25,59 | | | | | | |
| | | 6190 | — | 677 | 583 | 1700 | 928 | 7982 | | 3,3 | 3,5 | 5,7 | 6,1 | 6,2 |
| 69 | Desgl. Becke, Tscherm. Mitt. 1877, 274. | 40,84 | 0,23 | 6,26 | 1,44 | 15,80 | 8,50 | 26,55 | | | | | | |
| | | 6421 | 21 | 957 | 258 | 1314 | 1133 | 8281 | | 3,6 | 3,9 | 6,3 | 6,8 | 6,6 |
| 70 | Gand. Löwe wie bei Nr. 57. | 35,12 | — | 0,62 | 2,05 | 22,21 | — | 22,41 | 17,59 *Hg* | | | | | |
| | | 5522 | — | 95 | 367 | 1848 | — | 6990 | 879 | 4,4 | 5,8 | 7,4 | 7,6 | 7,4 |
| 71 | Serfaus. Oellacher b. Sandberger, N. Jahrb. 1865, 596. | 33,31 | — | 3,72 | 7,01 | 25,49 | — | 28,14 | 0,10 *Co*, 1,24 *Hg*, 0,12 *Bi* | | | | | |
| | | 5237 | — | 569 | 1254 | 2120 | — | 8777 | 17 62 6 | 4,3 | 6,0 | 6,7 | 8,3 | 7,3 |
| 72 | Binnenthal. Uhrlaub, Pogg. Ann. 1855, **94**, 120. | 37,74 | 1,23 | — | 0,82 | — | 30,06 | 27,55 | 2,75 *Pb* | | | | | |
| | | 5934 | 113 | — | 128 | — | 4080 | 8593 | 133 | 1,6 | 1,5 | 3,1 | 4,2 | 4,6 |
| 73 | Desgl. Stockar-Escher b. Kenngott, Übers. min. Forsch. 1856, 175. | 46,24 | 1,91 | — | — | — | 18,98 | 32,73 | | | | | | |
| | | 7270 | 176 | — | — | — | 2531 | 10209 | | 3,0 | 3,0 | 5,9 | 8,1 | 6,0 |
| 74 | Desgl. Mac Ivor, Chem. News 1874, **30**, 103. | 46,05 | 2,43 | — | — | — | 18,79 | 32,46 | | | | | | |
| | | 7241 | 225 | — | — | — | 2505 | 10125 | | 3,0 | 3,0 | 5,9 | 8,1 | 6,0 |
| 75 | Desgl. Prior, Min. Soc. Lond. 1899, **12**, 191. | 49,83 | 1,87 | — | 1,11 | — | 19,04 | 27,60 | 0,17 *Pb* | | | | | |
| | | 7831 | 173 | — | 199 | — | 2539 | 8609 | 8 | 3,3 | 3,3 | 6,5 | 6,8 | 6,4 |

| | | Cu | Ag | Zn | Fe | Sb | As | S | incl. | I. | II. | III. | S gefunden | S berechnet |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 76 | Binnenthal. Prior, Min. Soc. Lond. 1899, **12**, 191. | 44,12 | 4,77 | — | 3,68 | — | 20,49 | 26,94 | | | | | | |
| | | 6905 | 442 | — | 658 | — | 2732 | 8403 | | 3,2 | 3,2 | 5,9 | 6,2 | 6,2 |
| 77 | Außerberg. Fellenberg, Naturf. Ges. Bern 1864, 178. | 38,17 | 0,96 | 5,11 | 2,76 | 15,58 | 11,49 | 24,97 | 0,38*Pb*, 0,58*Bi* | | | | | |
| | | 6001 | 89 | 781 | 494 | 1296 | 1532 | 7789 | 18 28 | 3,0 | 3,1 | 5,2 | 5,5 | 6,0 |
| 78 | Annivierthal. Brauns, ebenda 1854, 57. | 35,57 | — | 2,01 | 3,85 | 8,80 | 10,96 | 23,75 | 4,94*Bi* | | | | | |
| | | 5592 | — | 307 | 688 | 732 | 1461 | 7408 | 237 | 3,1 | 3,2 | 5,4 | 6,1 | 6,1 |
| 79 | Cremenz. Brauns bei Petersen, N. Jahrb. f. Min. 1870, 590. | 37,52 | 0,04 | — | 6,51 | 2,19 | 11,44 | 29,10 | 1,20*Co*, 13,07*Bi* | | | | | |
| | | 5899 | 3 | — | 1164 | 182 | 1525 | 9076 | 204 626 | 3,7 | 4,1 | 6,3 | 7,8 | 6,7 |
| 80 | M. Avanza. v. Lill, Berg- u. Hüttenm. Jahrb. **13**, 24. | 35,64 | 0,18 | 8,19 | 0,80 | 28,07 | — | 24,74 | 2,67*Hg* | | | | | |
| | | 5604 | 16 | 1237 | 143 | 2335 | — | 7717 | 133 | 3,7 | 5,0 | 6,1 | 6,6 | 6,7 |
| 81 | Valle del Frigido. Bechi b. d'Achiardi, Min. Tosc. 1873, **2**, 342. | 30,10 | — | — | 13,08 | 29,61 | — | 27,01 | | | | | | |
| | | 4732 | — | — | 2519 | 2463 | — | 8425 | | 4,0 | 6,0 | 5,9 | 6,8 | 7,0 |
| 82 | Desgl. Funaro bei d'Achiardi, Soc. Tosc. sc. nat. 1881, 171. | 19,32 | 0,04 | — | 12,67 | 25,59 | — | 29,60 | 7,55*Ni* | | | | | |
| | | 3038 | 3 | — | 2265 | 2129 | — | 9232 | 1286 | 4,7 | — | 6,2 | 8,7 | 7,8 |
| 83 | Val di Castello. Kersten, Pogg. Ann. 1843, **59**, 131. | 35,80 | 0,33 | 6,05 | 1,89 | 27,47 | — | 24,47 | 2,70*Hg* | | | | | |
| | | 5581 | 31 | 925 | 338 | 2285 | — | 7538 | 135 | 3,7 | 4,1 | 6,1 | 6,6 | 6,7 |
| 84 | Desgl. Bechi, Am. Journ. Sci. 1852, **14**, 60. | 37,27 | 0,45 | 6,23 | 1,64 | 26,52 | — | 24,14 | 3,03*Hg* | | | | | |
| | | 5931 | 41 | 953 | 293 | 2206 | — | 7529 | 152 | 4,0 | 4,7 | 6,7 | 6,8 | 7,0 |
| 85 | Calcena. Leitao, Ann. min. 1852, **1**, 107. | 38,20 | — | — | 5,90 | 25,50 | — | 24,30 | 0,80*Pb* | | | | | |
| | | 6006 | — | — | 1055 | 2121 | — | 7579 | 38 | 3,9 | 4,3 | 6,7 | 7,1 | 6,9 |
| 86 | Cangas de Onis. Paillete, Rev. min. 1855, 6. | 34,51 | — | 3,26 | 4,59 | 12,75 | — | 28,86 | | | | | | |
| | | 5378 | — | 497 | 821 | 1061 | — | 9002 | | 7,5 | 29,0 | 11,2 | 16,9 | 10,5 |
| 87 | Corbières. Berthier, Ann. min. 1836, **9**, 529. | 34,30 | 0,70 | 6,30 | 1,70 | 25,00 | 1,50 | 25,30 | | | | | | |
| | | 5393 | 60 | 948 | 304 | 2079 | 200 | 7891 | | 3,5 | 3,7 | 5,9 | 6,9 | 6,5 |
| 88 | Pontgibaud. Eissen b. Gonnard, Bull. soc. min. Par. 1882, **5**, 89, 48. | 23,56 | 19,03 | 2,34 | 6,53 | 22,30 | — | 24,35 | | | | | | |
| | | 3704 | 1763 | 358 | 1168 | 1855 | — | 7595 | | 4,6 | 6,5 | 7,5 | 8,2 | 7,6 |
| 89 | Montschonay. Grüner bei Lamy, Bull. industr. min. 1869, **13**, 422. | 42,92 | 0,65 | 5,70 | 4,69 | 9,97 | 7,88 | 26,37 | | | | | | |
| | | 6748 | 60 | 871 | 833 | 829 | 1056 | 3225 | | 5,4 | 9,1 | 9,0 | 8,7 | 8,4 |
| 90 | Les Ardillats. Mène, Compt. rend. 1861, **51**, 463. | 32,00 | — | — | 3,00 | 22,00 | 8,00 | 23,00 | 12,00*Pb* | | | | | |
| | | 5031 | — | — | 536 | 1830 | 1066 | 7205 | 579 | 2,5 | 2,3 | 4,2 | 5,0 | 5,5 |
| 91 | Fresney d'Oisans. Prior, Min. Soc. Lond. 1899, **12**, 197. | 45,39 | — | — | 1,32 | 28,85 | — | 24,48 | 0,11*Pb* | | | | | |
| | | 7136 | — | — | 236 | 2400 | — | 7635 | 5 | 3,2 | 3,2 | 6,1 | 6,4 | 6,2 |
| 92 | Valgodemar. Mène, Compt. rend. 1861, **52**, 1326. | 30,80 | — | — | 4,50 | 21,50 | 10,00 | 21,70 | 11,50*Pb* | | | | | |
| | | 4842 | — | — | 805 | 1788 | 1333 | 6768 | 556 | 2,4 | 2,2 | 4,0 | 4,3 | 5,4 |

| | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 93 | Bourbonne-les-Bains. Daubrée, | 43,20 | — | — | 4,00 | 26,40 | — | 23,44 | | | | | | | |
| | ebenda 1875, **80**, 461. | 6792 | — | — | 715 | 2196 | — | 7311 | | 3,7 | 3,5 | 6,8 | 6,7 | 6,7 | |
| 94 | Cornwall. Wittstein, Vierteljahrschr. pr. Pharm. 1855, **4**, 72. | 39,18 | — | — | 6,99 | 23,66 | 4,40 | 25,64 | | | | | | | |
| | | 6160 | — | — | 1250 | 1968 | 586 | 7997 | | 3,4 | 3,6 | 5,8 | 6,3 | 6,4 | |
| 95 | Desgl. (Crinnis mine). Michell b. Collins, Min. Cornw. 1876, 45. | 46,00 | 1,80 | — | 17,20 | 21,00 | — | 14,00 | | | | | | | |
| | | 7233 | 166 | — | 3093 | 1747 | — | 4333 | | 7,9 | — | 12,0 | 5,0 | 10,8 | |
| 96 | Desgl. (Liskeard). Reuter b. Rammelsberg, Mineralch. 1875, 105. | 44,08 | 1,31 | 3,64 | 2,17 | 23,97 | — | 23,95 | | | | | | | |
| | | 6930 | 122 | 555 | 388 | 1994 | — | 7470 | | 4,4 | 5,1 | 8,0 | 7,7 | 7,5 | |
| 97 | Desgl. (Tennantit). Philipps, Qu. Journ. Sc. 1819, **7**, 95. | 47,70 | — | — | 9,75 | — | 12,46 | 30,25 | | | | | | | |
| | | 7500 | — | — | 1744 | — | 1661 | 9435 | | 6,6 | 15,0 | 11,1 | 11,2 | 9,5 | |
| 98 | Desgl. (Do.). Hemming, Phil. Mag. 1831, **10**, 157. | 50,00 | — | — | 15,00 | — | 12,10 | 23,00 | | | | | | | |
| | | 7862 | — | — | 2683 | — | 1613 | 7177 | | 8,2 | — | 13,1 | 8,9 | 11,2 | |
| 99 | Desgl. Kudernatsch, Pogg. Ann. 1836, **38**, 397. | 48,94 | — | — | 3,57 | — | 19,10 | 27,76 | | | | | | | |
| | | 7694 | — | — | 638 | — | 2546 | 8659 | | 3,5 | 3,6 | 6,5 | 6,8 | 6,5 | |
| 100 | Desgl. (Tennantit). Wackernagel b. Rammelsberg, Min. Ch. 1860, 88. | 48,68 | — | — | 3,09 | — | 20,53 | 26,88 | | | | | | | |
| | | 7654 | — | — | 552 | — | 2737 | 8384 | | 3,2 | 3,2 | 6,0 | 6,1 | 6,2 | |
| 101 | Desgl. Rammelsberg, ebenda. | 51,62 | — | — | 1,95 | — | 19,03 | 26,61 | | | | | | | |
| | | 8116 | — | — | 331 | — | 2537 | 8300 | | 3,5 | 3,5 | 6,7 | 6,5 | 6,5 | |
| 102 | Desgl. G. vom Rath, Niederrhein. Ges. Bonn 1858, **15**, 73. | 46,88 | — | 1,33 | 6,40 | — | 18,72 | 25,22 | | | | | | | |
| | | 7371 | — | 203 | 1145 | — | 2496 | 7866 | | 4,0 | 4,6 | 6,9 | 6,3 | 7,0 | |
| 103 | Desgl. Baumert bei G. vom Rath, ebenda. | 52,97 | — | — | 2,82 | — | 18,06 | 26,34 | | | | | | | |
| | | 8328 | — | — | 504 | — | 2408 | 8216 | | 3,9 | 4,0 | 7,3 | 6,8 | 6,9 | |
| 104 | Foxdale. Forbes, Phil. Mag. 1867, **34**, 350. | 22,62 | 13,57 | 4,65 | 4,80 | 25,85 | — | 27,48 | 1,43 *Pb* | | | | | | |
| | | 3557 | 1248 | 711 | 858 | 2151 | — | 8571 | 69 | 3,8 | 4,6 | 6,0 | 7,9 | 6,8 | |
| 105 | Modum. Fearnley bei Scheerer, Pogg. Ann. 1845, **65**, 298. | 42,60 | — | — | 9,21 | — | 19,01 | 29,18 | | | | | | | |
| | | 6698 | — | — | 1648 | — | 2535 | 9101 | | 3,9 | 4,5 | 6,6 | 7,2 | 6,9 | |
| 106 | Långban. Paijkull, Öfv. Ak. Stockh. 1866, 85. | 30,04 | 10,00 | 6,02 | 1,86 | 28,76 | — | 23,32 | | | | | | | |
| | | 4723 | 927 | 920 | 333 | 2392 | — | 7274 | | 3,4 | 3,9 | 5,8 | 6,1 | 6,4 | |
| 107 | Gärdsjön. Svanberg, ebenda 1847, **4**, 85. | 33,23 | 3,12 | 6,47 | 1,82 | 25,01 | — | 30,35 | | | | | | | |
| | | 5224 | 289 | 989 | 326 | 2081 | — | 9466 | | 3,9 | 4,6 | 6,5 | 9,1 | 6,9 | |
| 108 | Desgl. Peltzer, Ann. Chem. Pharm. 1862, **126**, 344. | 33,94 | 3,31 | 6,00 | 0,69 | 26,66 | — | 29,78 | 0,49 *Ni*, 0,12 *Co* | | | | | | |
| | | 5336 | 307 | 947 | 123 | 2218 | — | 9288 | 83 20 | 3,6 | 3,9 | 6,1 | 8,4 | 6,6 | |
| 109-112 | Desgl. Nilson, diese Zeitschr. **1**, 421. | 37,56 | 6,11 | 3,89 | 1,34 | 26,79 | — | 23,49 | | | | | | | |
| | | 5905 | 566 | 595 | 238 | 2228 | — | 7327 | | 3,7 | 3,9 | 6,6 | 6,6 | 6,7 | |
| 113 | Falun. Sjögren, Geol. För. Förh. 1880, **5**, 82. | 42,23 | 2,87 | — | 6,02 | — | 17,11 | 27,18 | 3,34 *Pb*, 1,41 *Sn* | | | | | | |
| | | 6639 | 266 | — | 1077 | — | 2281 | 8478 | 161 118 | 4,2 | 5,0 | 6,8 | 7,1 | 7,2 | |
| 114 | Beresowsk. Löwe bei G. Rose, Reise 1837, **1**, 198. | 40,57 | 0,56 | 5,07 | 2,92 | 21,47 | 2,42 | 26,10 | | | | | | | |
| | | 6379 | 52 | 775 | 522 | 1786 | 323 | 8172 | | 4,3 | 5,2 | 7,3 | 7,8 | 7,3 | |

| | | *Cu* | *Ag* | *Zn* | *Fe* | *Sb* | *As* | *S* | incl. | I. | II. | III. | *S* gefunden | *S* berechnet |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 115 | Chile. Smith bei Dana, Min. 1868, 102. | 36,02 | 3,41 | 4,52 | 2,36 | 23,31 | 3,05 | 26,83 | | | | | | |
| | | 5663 | 316 | 361 | 422 | 1930 | 406 | 8334 | | 3,2 | 3,3 | 5,8 | 7,1 | 6,2 |
| 116 | Machetillo. Domeyko, Min. 1879, 229. | 36,70 | 2,90 | 6,90 | 1,20 | 20,70 | 6,50 | 25,30 | | | | | | |
| | | 5723 | 269 | 1055 | 215 | 1722 | 866 | 7891 | | 3,3 | 3,4 | 5,6 | 6,1 | 6,3 |
| 117 | Altar, Ovalle. Field, Qu. Journ. Chem. Soc. 1851, **4**, 332. | 36,72 | 0,07 | 7,26 | 1,23 | 20,28 | 3,91 | 30,35 | 0,03 *Au* | | | | | |
| | | 5773 | 6 | 1110 | 220 | 1687 | 521 | 9466 | 2 | 3,8 | 4,4 | 6,4 | 8,6 | 6,8 |
| 118 | San Pedro Nolasco. P. del Barrio b. Domeyko, Min. 1879, 232. | 34,20 | 0,20 | — | 2,00 | 29,10 | 7,90 | 24,30 | | | | | | |
| | | 5377 | 18 | — | 358 | 2421 | 1053 | 7610 | | 1,7 | 1,7 | 3,3 | 4,4 | 4,2 |
| 119 | Teniente. Orego b. Domeyko, Min. 1879, 229. | 38,60 | — | 6,80 | 1,59 | 20,30 | — | 30,50 | | | | | | |
| | | 6068 | — | 1039 | 284 | 1688 | — | 9448 | | 5,2 | 7,5 | 8,8 | 11,2 | 8,2 |
| 120 | Algodon-Bai. v. Bibra, Journ. pr. Chem. 1865, **96**, 204. | 36,35 | 0,58 | — | 4,29 | 18,00 | 19,30 | 19,66 | | | | | | |
| | | 5715 | 53 | — | 767 | 1580 | 2573 | 6132 | | 1,8 | 1,6 | 3,2 | 2,9 | 4,8 |
| 121 | Desgl. Ders. Ebenda. | 38,72 | 0,45 | — | 6,33 | 14,64 | 20,05 | 21,14 | | | | | | |
| | | 6088 | 41 | — | 1132 | 968 | 2673 | 6594 | | 2,3 | 2,1 | 4,0 | 3,6 | 4,8 |
| 122 | Manto, Punitaqui. Domeyko, Ann. min. 1844, **6**, 183. | 33,60 | — | — | 1,50 | 20,70 | — | 20,20 | 24,00 *Hg* | | | | | |
| | | 5235 | — | — | 268 | 1722 | — | 6301 | 1200 | 4,7 | 7,0 | 9,0 | 7,3 | 7,7 |
| 123 | Lajarilla, Andacollo. Ders. Ebenda 1864, **5**, 472. | 39,00 | — | — | 1,30 | 20,40 | 4,00 | 24,30 | 11,00 *Hg* | | | | | |
| | | 6132 | — | — | 233 | 1697 | 533 | 7548 | 550 | 3,5 | 3,6 | 6,2 | 6,8 | 6,5 |
| 124 | Fortuna, Talca. Castillo b. Domeyko, Min. 1879, 238. | 32,27 | — | — | 0,17 | 34,90 | — | 27,85 | 3,80 *Hg* | | | | | |
| | | 5073 | — | — | 30 | 2903 | — | 8687 | 190 | 1,9 | 1,9 | 3,6 | 5,0 | 4,9 |
| 125 | Vallenar, Huasco. Ebenda 239. | 52,89 | — | — | 1,19 | 12,83 | — | 18,33 | 3,83 *Hg* | | | | | |
| | | 8316 | — | — | 213 | 1069 | — | 5717 | 192 | 8,5 | 4,6 | 17,0 | 10,7 | 11,5 |
| 126 | Tres Puntas. Ders. Ebenda 394. | 18,00 | 36,90 | 5,20 | 3,70 | 6,90 | 6,20 | 20,70 | 2,40 *Hg* | | | | | |
| | | 2830 | 3418 | 798 | 662 | 574 | 826 | 6457 | 120 | 6,8 | 17,8 | 11,2 | 8,1 | 9,6 |
| 127 | Oruro. Ders. Ebenda 394. | 27,10 | 14,30 | 0,60 | 6,60 | 28,30 | — | 21,00 | | | | | | |
| | | 4261 | 1325 | 91 | 1180 | 2354 | — | 6550 | | 3,4 | 3,7 | 5,8 | 5,6 | 6,5 |
| 128 | Aullagas. Ders. Ebenda 394. | 23,80 | 8,00 | 10,00 | 4,70 | 30,50 | — | 22,60 | | | | | | |
| | | 3742 | 741 | 1529 | 839 | 2538 | — | 7049 | | 3,6 | 4,7 | 5,4 | 5,6 | 6,6 |
| 129 | Huanchaca. Gonzalez b. Domeyko, ebenda 395. | 30,10 | 12,43 | 0,15 | 6,59 | 32,98 | — | 16,87 | | | | | | |
| | | 4732 | 1152 | 23 | 1178 | 2739 | — | 5262 | | 3,0 | 3,0 | 5,2 | 4,0 | 6,0 |
| 130 | Desgl. Salinas, ebenda. | 26,40 | 10,45 | 12,70 | — | 25,25 | — | 22,00 | | | | | | |
| | | 4151 | 967 | 1942 | — | 2100 | — | 6862 | | 4,3 | 6,3 | 6,7 | 6,5 | 7,3 |
| 131 | Ubina. Kröber, Berg- u. Hüttenm. Zeitg. 1864, **23**, 130. | 11,30 | 1,00 | — | 25,11 | 24,71 | 11,00 | 24,03 | 4,82 $\frac{Pb}{230}$, 0,04 $\frac{Ni}{7}$, 0,01 $\frac{Co}{2}$, 0,57 $\frac{Bi}{27}$ | | | | | |
| | | 1776 | 92 | — | 4492 | 1806 | 1467 | 7495 | | 3,4 | 13,0 | 4,0 | 4,5 | 6,4 |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 132 | Morococha. Merbach bei Breithaupt, Min. Stud. 1866, 108. | 41,08 | — | 7,19 | 2,38 | 7,19 | 14,75 | 25,12 | 2,77 *Pb* | 3,8 | 4,4 | 6,3 | 6,1 | 6,8 |
| | | 6459 | — | 1099 | 426 | 598 | 1966 | 7835 | 133 | | | | | |
| 133 | Huallanca. Comstock, Am. Journ. Sci. 1879, **17**, 401. | 39,09 | 3,86 | 2,14 | 5,46 | 9,06 | 13,49 | 26,74 | | 3,6 | 3,9 | 6,1 | 6,5 | 6,6 |
| | | 6146 | 357 | 327 | 977 | 753 | 1798 | 8341 | | | | | | |
| 134 | Araqueda. Raimondi, Min. Pér. 1878, 115. | 42,00 | 0,55 | 0,49 | 8,28 | 17,24 | 7,67 | 23,51 | | 4,0 | 4,6 | 6,7 | 6,0 | 7,0 |
| | | 6604 | 51 | 75 | 1481 | 1431 | 1023 | 7333 | | | | | | |
| 135 | Jucad. Oresi b. Raimondi, ebenda 116. | 43,30 | — | 2,00 | 4,00 | 6,12 | 16,78 | 26,05 | | 3,2 | 3,3 | 5,7 | 5,9 | 6,2 |
| | | 6808 | — | 306 | 715 | 509 | 2237 | 8125 | | | | | | |
| 136 | Recuay. Raimondi, Min. Pér. 1878, 124. | 14,38 | 10,26 | 6,37 | 10,59 | 25,36 | 1,46 | 22,67 | 8,91 *Pb* | 4,4 | 3,0 | 5,7 | 6,1 | 7,3 |
| | | 2261 | 951 | 974 | 1894 | 2109 | 195 | 7071 | 431 | | | | | |
| 137 | Desgl. Ders. Ebenda. | 18,78 | 13,14 | 2,75 | 10,02 | 22,49 | 1,02 | 22,97 | 8,83 *Pb* | 4,7 | 16,7 | 6,8 | 7,1 | 7,7 |
| | | 2953 | 1217 | 421 | 1792 | 1871 | 136 | 7165 | 426 | | | | | |
| 138 | Desgl. Ders. Ebenda. | 14,38 | 11,92 | 1,93 | 9,12 | 24,74 | 0,56 | 24,27 | 13,08 *Pb* | 4,0 | 8,0 | 5,6 | 7,2 | 7,0 |
| | | 2261 | 1144 | 295 | 1631 | 2058 | 75 | 7570 | 632 | | | | | |
| 139 | Aciosupa. Ovalle bei Domeyko, Min. 1879, 239. | 37,60 | — | 1,11 | 11,11 | 24,00 | — | 23,70 | 0,25 *Hg* | 5,1 | 18,0 | 8,1 | 7,3 | 8,1 |
| | | 5942 | — | 169 | 1987 | 1996 | — | 7392 | 17 | | | | | |
| 140 | Lagueda. Fonseca, ebenda 232. | 38,90 | 0,55 | — | 7,70 | 18,40 | 7,25 | 26,20 | | 3,6 | 4,0 | 6,1 | 6,5 | 6,6 |
| | | 6116 | 51 | — | 1377 | 1531 | 966 | 8107 | | | | | | |
| 141 | Hualgayoc. Domeyko, ebenda 394. | 10,80 | 23,95 | — | 3,55 | 37,07 | 0,97 | 23,37 | | 1,6 | 1,5 | 2,8 | 4,5 | 4,0 |
| | | 1698 | 2219 | — | 635 | 3084 | 129 | 7289 | | | | | | |
| 142 | El Purgatorio. Klaproth, Beitr. 1807, **4**, 80. | 27,00 | 10,25 | — | 7,00 | 23,50 | — | 27,75 | 1,75 *Pb* | 2,0 | 4,9 | 6,7 | 8,7 | 7,0 |
| | | 4245 | 949 | — | 1252 | 1955 | — | 8655 | 84 | | | | | |
| 143 | Durango. Bromeis, Pogg. Ann. 1842, **55**, 117. | 37,11 | 1,09 | 5,02 | 4,42 | 25,97 | — | 23,76 | 0,54 *Pb* | 4,2 | 5,4 | 6,9 | 6,8 | 7,2 |
| | | 5835 | 101 | 767 | 791 | 2161 | — | 7411 | 26 | | | | | |
| 144 | Soto Mine. Burton, Am. Journ. Sci. 1868, **45**, 320. | 27,41 | 14,51 | 2,31 | 4,27 | 27,60 | — | 24,44 | | 3,4 | 3,6 | 5,6 | 6,7 | 6,4 |
| | | 4309 | 1347 | 353 | 764 | 2295 | — | 7628 | | | | | | |
| 145 | Lake City. Genth, Am. Phil. Soc. 1885, **23**, 38. | 37,68 | 0,60 | 7,15 | 0,64 | 25,51 | 3,22 | 25,97 | 0,10 *Mn*, 0,37 *Bi* | 3,3 | 3,3 | 5,6 | 6,3 | 6,3 |
| | | 5926 | 55 | 1093 | 114 | 2122 | 429 | 8100 | 18 17 | | | | | |
| 146 | Great Eastern Mine. Page b. Mallet, diese Zeitschr. **9**, 629. | 23,20 | — | 7,14 | 1,38 | 34,47 | — | 26,88 | 1,19 *Pb* | 2,2 | 1,8 | 3,5 | 5,8 | 5,2 |
| | | 3648 | — | 1091 | 246 | 2868 | — | 8384 | 57 | | | | | |
| 147 | Mollie Gibson Mine. Penfield, Am. Journ. Sci. 1892, **44**, 18. | 35,72 | 13,65 | 6,90 | 0,42 | 0,13 | 17,18 | 25,04 | 0,86 *Pb* | 4,1 | 4,5 | 7,0 | 6,8 | 7,0 |
| | | 5646 | 1265 | 1055 | 75 | 11 | 2290 | 7810 | 41 | | | | | |
| 148 | Arizona. Clarke, Am. Chem. Journ. 1880, **2**, 173. | 33,53 | 1,80 | — | 0,56 | 24,72 | — | 21,67 | 16,23 *Pb* | 3,5 | 3,7 | 6,2 | 6,6 | 6,5 |
| | | 5272 | 167 | — | 100 | 2056 | — | 6759 | 784 | | | | | |
| 149 | Prescott. Genth, ebenda 1868, **45**, 320. | 38,16 | 3,21 | 6,23 | 1,05 | 24,67 | — | 26,97 | | 4,2 | 4,8 | 7,2 | 8,2 | 7,2 |
| | | 6000 | 297 | 952 | 188 | 2052 | — | 8416 | | | | | | |
| 150 | Arkansas. S. Smith, ebenda 1867, **43**, 67. | 36,40 | 2,30 | 4,20 | 1,89 | 26,50 | 1,02 | 26,71 | | 3,4 | 3,5 | 5,9 | 7,1 | 6,4 |
| | | 5723 | 213 | 642 | 338 | 2204 | 135 | 8312 | | | | | | |

| | | *Cu* | *Ag* | *Zn* | *Fe* | *Sb* | *As* | *S* | incl. | I. | II. | III. | *S* gefunden | *S* berechnet |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 151 | Arkansas. S. Smith, Am. Chem. | 33,20 | 4,97 | 6,10 | 0,82 | 27,04 | 0,61 | 25,32 | | | | | | |
| | Journ. 1867, **43**, 67. | 5220 | 460 | 936 | 147 | 2247 | 81 | 7897 | | 3,4 | 3,5 | 5,8 | 6,8 | 6,4 |
| 152 | Mac Makin Mine. Genth, ebenda | 30,73 | 10,53 | 2,53 | 1,42 | 17,76 | 11,55 | 25,48 | | | | | | |
| | 1853, **16**, 83. | 4832 | 975 | 387 | 254 | 1477 | 1540 | 7947 | | 2,3 | 2,2 | 4,3 | 5,3 | 5,4 |
| 153 | Desgl. De Benneville bei Genth, | 37,45 | 6,47 | 5,67 | 2,05 | 6,99 | 13,49 | 26,25 | 0,45 *Mn* | | | | | |
| | Min. N. C. 1891, 27. | 5888 | 599 | 868 | 367 | 581 | 1779 | 8281 | 82 | 3,9 | 4,4 | 6,6 | 7,0 | 6,9 |
| 154 | Eldridge Mine. Taylor bei Genth, | 40,64 | 0,42 | 3,39 | 4,24 | 5,10 | 16,99 | 28,64 | | | | | | |
| | Am. Journ. Sci. 1855, **19**, 15. | 6389 | 39 | 518 | 758 | 424 | 2265 | 8877 | | 3,3 | 3,5 | 5,7 | 6,6 | 6,3 |
| 155 | Newburyport. Ellen Swallow, | 35,85 | 2,30 | 5,15 | 2,16 | 25,87 | — | 27,60 | | | | | | |
| | Proc. Bost. Soc. 1875, **17**, 465. | 5637 | 213 | 787 | 476 | 2152 | — | 8609 | | 3,9 | 4,5 | 6,6 | 8,0 | 6,9 |
| 156 | Capelton. Harrington, Trans. Roy. | 42,09 | 0,21 | 4,56 | 3,77 | 4,52 | 15,34 | 27,99 | 0,25 *Pb* | | | | | |
| | Soc. Can. 1883, **1**, 80. | 6618 | 19 | 697 | 674 | 376 | 2065 | 8734 | 12 | 3,9 | 4,3 | 6,6 | 7,2 | 6,9 |
| 157 | Kaslo-Slocan. Johnston bei Hoff- | 22,14 | 11,20 | 6,22 | 0,93 | 28,22 | 0,23 | 21,68 | | | | | | |
| | mann, Am. J. Sci. 1895, **50**, 273. | 3481 | 1038 | 951 | 166 | 2348 | 31 | 6762 | | 3,2 | 3,4 | 5,1 | 5,6 | 6,2 |
| 158 | Monzaïa, Algier. Ebelmen, Ann. | 41,57 | — | 2,24 | 4,66 | 14,77 | 9,12 | 27,25 | | | | | | |
| | min. 1847, **11**, 47. | 6536 | — | 342 | 833 | 1228 | 1216 | 8499 | | 3,6 | 4,0 | 6,3 | 6,9 | 6,6 |
| 159 | Bellagarda. Zecchini b. Novarese, | 32,76 | 1,51 | 0,38 | 1,46 | 27,90 | 0,84 | 20,60 | 13,71 *Hg* | | | | | |
| | Boll. R. Com. Geol. It. 1902, 23. | 5150 | 139 | 58 | 261 | 2321 | 112 | 6425 | 686 | 3,0 | 3,0 | 5,2 | 5,3 | 6,0 |
| 160 | Silvester bei Urbeis. Ungemach, | 38,15 | — | 5,05 | 3,77 | 17,47 | 6,75 | 25,58 | 1,63 *Bi* | | | | | |
| | Bull. Soc. franç. Min. 1906, 19. | 6000 | — | 772 | 674 | 1453 | 900 | 7978 | 78 | 3,7 | 4,1 | 6,1 | 6,6 | 6,7 |
| 161 | Desgl. Ders. Ebenda. | 34,15 | 5,94 | 4,86 | 3,79 | 25,24 | 1,21 | 25,22 | | | | | | |
| | | 5369 | 550 | 743 | 678 | 2100 | 161 | 7866 | | 3,9 | 4,5 | 6,5 | 7,0 | 6,9 |
| 162 | Markirch. Dürr, diese Zeitschr. | 42,13 | — | 4,40 | 3,48 | 12,44 | 9,74 | 27,00 | | | | | | |
| | **47**, 305. | 6624 | — | 673 | 621 | 1034 | 1300 | 8422 | | 3,9 | 4,5 | 6,8 | 7,2 | 6,9 |

### 3. Die Berechtigung der einzelnen Formeln.

Läßt man als Bereich für den Fall I 2,8—3,2 (Petersen) und 3,8—4,2 (Rose), für den Fall II 3,8—4,2 und für den Fall III 5,8—6,2 gelten, so entsprechen den Formeln von Petersen 18, von Rose 36, von Kenngott 29 und von Tschermak und Prior-Spencer 42 Analysen. Diese Geltungszahlen unter 156 Analysen sind nun nicht so verschieden, daß sie die Entscheidung für eine der Formeln rechtfertigen würden. Es bleibt daher noch zu untersuchen, ob durch berechtigte kritische Auswahl der Analysen ein eindeutiges Ergebnis erzielt werden kann. Als Kriterium für die Verwendbarkeit einer Sulfidanalyse zur Formelgewinnung hat von jeher der Grad der Übereinstimmung des berechneten mit dem gefundenen Schwefel gedient. Lassen wir in unserem Falle eine Analyse zur Formelberechnung noch zu, wenn sich die Verhältniszahl des gefundenen Schwefels von der des berechneten um $\pm$ 0,3 unterscheidet, so entspricht dies z. B. bei der Analyse Nr. 40 einer Schwefeldifferenz von 0,83 %, bei Nr. 144 einer solchen von 0,91 %. Außerhalb dieser weiten Grenzen fallen nicht weniger als 73 Analysen, die also für die Formelberechnung ausscheiden. Damit soll über die Richtigkeit dieser, sowie der verbleibenden 83 Analysen kein Urteil gefällt werden, weil der von der Berechnung abweichende Schwefelgehalt vielfach auf unreines Material zurückzuführen sein dürfte. Unter diesen Voraussetzungen entsprechen den Formeln von Petersen die Analysen Nr. 5, 11, 15, 54, 76, 78, 91, 100, 135, zusammen 9, von Rose Nr. 1, 7, 16, 17, 18, 25, 34, 38, 43, 47, 48, 66, 81, 84, 85, 103, 105, 113, 138, 153, 156, 161, 162, zusammen 24, von Kenngott Nr. 9, 10, 13, 14, 19, 21, 22, 23, 27, 30, 40, 59, 60, 62, 64, 69, 83, 103, 106, 109, 133, 140, 158, 160, zusammen 24 und von Tschermak und Prior-Spencer Nr. 4, 5, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 22, 23, 46, 59, 60, 61, 64, 76, 80, 81, 83, 91, 94, 100, 106, 123, 133, 140, 148, 160, zusammen 29 Analysen.

Auch diese Geltungszahlen (9, 24, 24, 29 unter 82 Analysen) sind offenbar für keine der Formeln beweisend. Dagegen wird jetzt der Standpunkt Rammelsberg's begreiflich, der für seine Auffassung nicht nur die für Rose und Petersen sprechenden Analysen, sondern auch die zahlreichen Zwischenglieder heranzieht. Diese äußere Vermittelung der nun einmal bestehenden Gegensätze erscheint jedoch durch Preisgabe der über isomorphe Mischungen geltenden Anschauungen zu teuer erkauft. Die Hoffnung, daß sich nach Berechnung von 156 Fahlerzanalysen die richtige Formel gleichsam von selbst herausstellen müsse, ist also nicht in Erfüllung gegangen. Die überaus große Zahl unbrauchbarer Analysen bedeutet für den Analytiker die ernste Forderung sorgfältiger Auswahl und Prüfung der zu verwendenden Apparate und Methoden.

## II. Teil. Zur Analyse der Fahlerze.

### 4. Das Aufschlußmittel.

Durch die mustergültigen Analysen natürlicher Sulfosalze bewies H. Rose, daß man sich des Chlors zum Aufschluß sulfidischer Erze mit großem Vorteil bedient. Das Wesentliche dieser Methode und ihr Vorzug gegenüber dem Schmelzen eines Erzes mit Soda und Salpeter oder der Auflösung in Königswasser beruht darin, daß mit diesem Aufschluß eine Trennung des Arsens und Antimons von Kupfer, Silber und Blei verbunden ist. In einigen seiner Verwendungsarten ist das Chlor durch das weniger heftig wirkende Brom ersetzt worden. Brand (Zeitschr. anal. Chem. 1887, **26**, 222) versuchte den Aufschluß sulfidischer Erze durch Brom und fand, daß derselbe die gleiche quantitative Trennung bewirke wie der Chloraufschluß, die Handhabung sogar bedeutend bequemer sei. Jannasch (Ber. d. deutsch. chem. Ges. Berlin **24**, 3746 und **25**, 124) hat dann die bei diesem Verfahren einzuhaltenden Bedingungen ausprobiert und festgestellt, daß die erwähnte Trennung genauer ist als die im Chlorstrom. Schäfer (Ztschr. anal. Chem. 1906, **45**, 145—174) gibt wieder dem Chlor den Vorzug, das niemals versage, während Brom einige einfache Sulfide, wie Kupferglanz und Zinkblende, zumal wenn sie völlig eisen-, arsen- und antimonfrei seien, nicht immer völlig aufschließe. Wenn Schäfer meint, das Chlorverfahren habe in der langen Zeit seit 1829 jedenfalls immer geleistet, was man von ihm verlangt habe, sodaß kein Grund zur Anwendung einer neuen Methode vorliege, so möchte ich ihn z. B. auf Guillemain's »Beiträge zur Kenntnis der Sulfosalze« (In.-Diss. Breslau 1898, 3) hinweisen, welcher »durch Vergleich aller mit diesem (Chlor-)verfahren ausgeführten Analysen desselben Minerals den merkwürdigen Umstand fand, daß für die einem Sulfosalze zugeschriebene Formel Blei stets zu niedrig, Antimon und Arsen stets zu hoch bestimmt waren.« Guillemain mußte, weil er hauptsächlich Bleispießglanze untersuchte, auf den Chloraufschluß ganz verzichten. Einen weiteren Beweis für die Mängel der Chlormethode bringt Schäfer selbst bei, indem er sich zu deren Behebung genötigt sieht, zwischen Substanz und Vorlage einen auf der constanten Temperatur von 300° zu erhaltenden Asbestpfropf einzuführen, der die teilweise flüchtigen Blei- und Kupferchloride vollständig zurückhalten, die Arsen-, Antimon- und Schwefelchloride dagegen quantitativ hindurchlassen soll. Zu dem von Schäfer festgestellten Vorzuge der allgemeinen Anwendbarkeit der Chlormethode sei bemerkt, daß bei völlig arsen- und antimonfreien Sulfiden dem Halogenaufschluß, der ja hauptsächlich wegen der damit erreichten Trennung von diesen Elementen angewandt wird, nur geringe Bedeutung zukommen dürfte. Ich arbeitete anfangs mit Chlor, wandte mich aber dann, von dessen unangenehmen Eigenschaften belehrt, der Brommethode zu, die mir in der Folge das, was

ich nach den Angaben von Jannasch von ihr erwartete, zuverlässige, quantitative Trennung des Kupfers und Bleis von Arsen und Antimon und eine bequeme Handhabung voll und ganz geleistet hat.

Das reinste käufliche Brom wird durch Schütteln mit Bromkaliumlösung von Chlor und durch wiederholtes Waschen mit Wasser wieder von den Kaliumhalogeniden und von Schwefelsäurespuren befreit. Die Lösungen werden mittels Kugelscheidetrichters vom Brom getrennt. Zur Trocknung läßt man das Brom mehrmals aus trockenen Scheidetrichtern bis auf geringe Reste ab und leitet dann eine halbe Stunde getrocknetes Kohlendioxyd hindurch.

### 5. Der Aufschlußapparat.

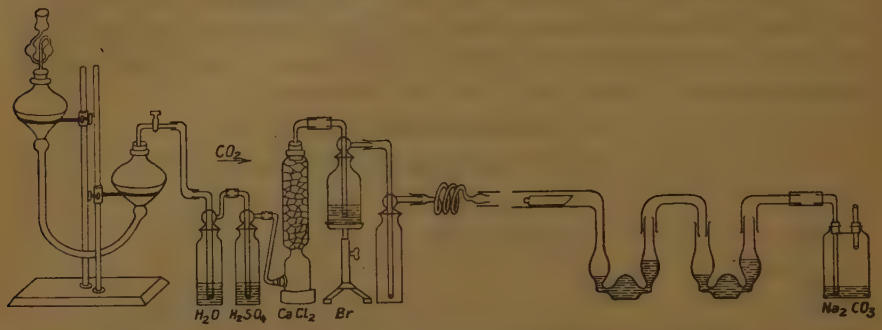
Der von H. Rose angegebene Apparat ist vielfach abgeändert worden. Insbesondere hat man die verschiedensten Vorlagen verwendet, um vollständige Absorption der Destillate mit leichter Entleerbarkeit zu vereinigen. Als wesentlicher Fortschritt ist die Anordnung zu betrachten, wonach die Substanz nicht unmittelbar in das Reactionsrohr gewogen, sondern in einem glasierten Porzellanschiffchen in ein Rohr aus schwer schmelzbarem Kaliglas gebracht wird. Große Schwierigkeiten bereitet die einwandfreie Verbindung der einzelnen Teile des Apparates. Kautschuk kann seines Schwefelgehaltes wegen nicht verwendet werden, Kork erweist sich in mehrfacher Hinsicht als unzulänglich. Einmal lassen sich mit Korken, wenn sie durchbohrt werden müssen und sich die Anwendung großer Gewalt verbietet, für Halogene völlig undurchlässige Verbindungen nach meinen Erfahrungen nicht herstellen. Ferner wird Kork, ebenso wie Kautschuk, sehr bald angegriffen und saugt sich mit dem Halogen und dem wertvollen Sublimat voll, sodaß Korkverbindungen als beständige Fehlerquellen anzusehen sind. Endlich kann man das an den Wänden des Reactionsrohres haftende Sublimat nicht bis über die nächste Korkverbindungsstelle hinaustreiben, und muß daher nach jedem Aufschluß das Reactionsrohr oberhalb des Korken abschneiden.

Versuche mit einem der seither benutzten Apparate führten mich zu einer neuen Anordnung, die alle diese Übelstände mit Sicherheit vermeidet.

Das Reactionsrohr wird mit der ersten Vorlage zusammengeschmolzen, sodaß die flüchtigen Bromide von ihrer Entstehung bis zu ihrer Absorption keinerlei Verbindungsstelle zu passieren haben. Alle übrigen Verbindungen von der Bromflasche an bis zur letzten Vorlage werden durch gute Glasschliffe hergestellt. Auf diese Weise ist jeder Verlust und jede Verunreinigung ausgeschlossen. Man kann den Aufschluß am Arbeitsplatze vornehmen, ohne die geringste Belästigung zu erfahren. Der Aufbau des Apparates ist aus der beigegebenen Zeichnung auf S. 498 ersichtlich.

Dem Kipp'schen Apparat ist ein aus zwei verstellbaren Gefäßen bestehender Kohlensäureapparat vorzuziehen, weil dieser niemals versagt.

Die Bromflasche wird hochgestellt, um ein (bei den Fahlerzen allerdings nicht erforderliches) Erwärmen zu ermöglichen. Die nächste Flasche war zur nochmaligen Trocknung des Gasstroms durch Glaswolle bestimmt. Indessen machte ich, ebenso wie Schäfer, die Erfahrung, daß Glaswolle von Halogenen angegriffen wird, sodaß ich bald auf diese Trocknung verzichtete. Die Glasspirale soll etwas Beweglichkeit in das starre System




bringen. Sie ermöglicht es z. B., nachdem der Apparat mit Bromdampf angefüllt ist, das Schiffchen in das Reactionsrohr zu bringen, ohne den Aufbau zu verrücken. Bei vorsichtigem Übertreiben des Sublimats genügen zwei Péligotrohre, um alles zu absorbieren. Überschüssiges Brom wird in eine Alkalicarbonatlösung geleitet. Als Vorlageflüssigkeit dient Wasser mit ein wenig Salzsäure, Salpetersäure und etwa 2 g Weinsäure.

### 6. Der Aufschluß.

Sobald der Apparat mit Bromdampf gefüllt ist und man sich überzeugt hat, daß alle Verbindungsstellen schließen, bringt man das Schiffchen mit der feingepulverten Substanz (etwa 1 g) in das Reactionsrohr. Eine Flamme hinter der Substanz verhindert ein Rückwärtsdestillieren, das bei etwaigem Versagen des Kohlensäurestromes eintreten könnte. Die Geschwindigkeit des Gasstroms ist nur so groß zu nehmen, daß er eben den Druck der Vorlagen überwindet (in der Regel etwa vier Blasen in der Secunde). Das Erz wird eine Zeitlang der Einwirkung des Broms in der Kälte überlassen. Alsdann erwärmt man gelinde mit der Flamme eines kleinen Bunsenbrenners und treibt das entstehende Sublimat langsam in die Vorlage, sodaß alles bequem absorbiert werden kann. Bei dieser niedrigen Temperatur wird das schädliche Zusammenschmelzen oder -sintern des Erzes vermieden. Wenn dann bei dieser geringen Erwärmung kein Sublimat mehr entsteht, so wird in den weitaus meisten Fällen der Aufschluß beendet sein. Man überzeugt sich davon durch größere Erwärmung mit einem Vierflammenbrenner, wobei also in der Regel kein helles Sublimat mehr entstehen soll. Andernfalls setzt man die stärkere Erwärmung fort, bis die Substanz an

einem Punkte zu schmelzen beginnt, treibt das entstehende Sublimat über und wiederholt dieses Verfahren nach Bedarf. Zusammenschmelzen der Substanz ist zu vermeiden. Es ist unnötig, erschwert später das Auflösen der im Schiffchen verbleibenden Bromide und kann bei längerem, zu starkem Erhitzen zur Verflüchtigung von Blei- und Kupferbromid führen. Daraus folgt, daß die Trennung im Bromstrome, ebenso wie jede analytische Trennungsmethode, natürlich nur dann quantitativ sein kann, wenn man die ausprobierten Bedingungen auch sorgfältig beobachtet. Bei richtigem Arbeiten ist die Beendigung des Aufschlusses mit Hilfe des Vierflammenbrenners leicht und sicher zu erkennen. Man läßt den Bromkohlensäurestrom im Gange, bis das Reactionsrohr erkaltet ist. Dann wird die Bromflasche ausgeschaltet und eine Zeitlang nur Kohlensäure durch den Apparat geleitet, um völlige Absorption des zwischen den Vorlagen befindlichen Sublimats zu verbürgen.

### 7. Zur Analyse der flüchtigen Bromide.

Man bringt die Vorlagenflüssigkeit quantitativ in eine Porzellanschale. Etwa an den Wänden der Vorlage haftende Partikel lösen sich in concentrierter Salzsäure. Nun verdampft man bis zur Vertreibung des Broms unter wiederholtem Zusatz von einigen Tropfen Salpetersäure. Die letztere verhindert eine Reduction der nichtflüchtigen Arsensäure, während bei Gegenwart von arseniger Säure starker Arsenverlust eintritt.

So waren bei der Analyse eines Arsenfahlerzes, bei welcher dieser Zusatz von Salpetersäure versäumt worden war, nach dem Abdampfen auf etwa 30 ccm Lösung nur noch 0,1036 g statt 0,1417 g Arsen vorhanden. Man bestimmt den abgeschiedenen Schwefel auf gewogenem Filter, fällt die Schwefelsäure im siedenden Filtrat durch die ungefähr berechnete Menge siedender Baryumchloridlösung und entfernt das überschüssige Baryum durch Schwefelsäure. Das Filtrat hiervon wird wiederum unter Zusatz von Salpetersäure auf etwa 30 ccm eingeengt, mit stärkstem Ammoniak übersättigt und mit Magnesiamixtur versetzt. Die Weinsäure hält Antimon und Eisen in Lösung. Der Arsenniederschlag wird filtriert, in Salzsäure aufgelöst, mit Ammoniak wieder gefällt und durch den Filtertiegel filtriert. Zum Waschen verwendet man Ammoniakwasser mit einem Zusatz von Salmiak. In bloßem Ammoniakwasser, das meist als Waschwasser empfohlen wird, löst sich, wenn das Filter so gut wie salzfrei geworden ist, eine kleine Menge des Niederschlages auf und fällt in dem angesäuerten Filtrat wieder aus. In den angesäuerten Filtraten wird das Antimon durch Schwefelwasserstoff gefällt, durch den Goochtiegel filtriert und lediglich mit kaltem Wasser gewaschen. Die weitere Behandlung des Antimonsulfides erfolgt im Kohlensäurestrom bei 300° C. nach der Anordnung von Henz (Zeitschr. anorg. Chemie 1903, 37, 18). Die Sulfidmethode nach Henz-

scher Anordnung ist eine der zuverlässigsten und bequemsten der analytischen Chemie überhaupt und dürfte die umständliche Tetroxydmethode Bunsen's vollständig verdrängen. So ergaben 1) 0,2031 g $Sb_2O_3$ 0,1687 g $Sb$ statt 0,1690 g, 2) 0,1597 g $Sb_2O_3$ 0,1328 g $Sb$ statt 0,1329 g, 3) 0,2744 g $Sb_2O_3$ 0,2277 g $Sb$ statt 0,2284 g, Resultate, die ich nach Bunsen's Methode auch nicht annähernd erzielen konnte. Im Antimonfiltrat werden geringe Mengen Eisen und Zink mit Schwefelammonium gefällt.

Ist Quecksilber und Wismut zugegen, so muß der Gang dieses Teils der Analyse geändert werden. Man kann Quecksilber in Sulfosalzen sehr leicht und sicher nachweisen, indem man das Erzpulver in einem Reagensglase erwärmt. Bei Anwesenheit von Quecksilber bildet sich über der Substanz ein schwarzer Ring, der bei geringen Mengen aber auch von den anderen Sublimaten verdeckt werden kann. In diesem Falle schüttet man die Substanz aus dem Röhrchen, löst den Beschlag in Königswasser und erkennt das Quecksilber durch die Reduction mit Zinnchlorür.

Man verzichtet hier auf die Schwefelbestimmung, vertreibt das Brom durch Einleiten von Kohlensäure und fällt durch Schwefelwasserstoff. Die Trennung der Sulfide erfolgt durch Schwefelammonium. Das auf dem Filter bleibende Schwefelwismut wird durch warme Salpetersäure, das Schwefelquecksilber durch Königswasser gelöst. Wismut und Quecksilber werden beide am sichersten als Sulfide im Filtertiegel bestimmt. In beiden Fällen befreit man die Sulfide von Verunreinigung durch Schwefel mittels Extraction im Schwefelkohlenstoffdampf nach Friedheim und Michaelis (Zeitschr. anal. Chem. 1895, **34**, 256). Das im Schwefelammonium gelöste Arsen- und Antimonsulfid wird durch Säure wieder gefällt, durch Asbest filtriert und durch Salzsäure vom S. G. 1,19 getrennt. Der Schwefel wird nach Fresenius durch besonderen Aufschluß mit Soda und Salpeter bestimmt. Da diese Schwefelbestimmung die genaueste ist und neben der Hauptanalyse ausgeführt werden kann, so empfiehlt es sich schon der Zeitersparnis halber, diese Methode überall da anzuwenden, wo genügend Material zur Verfügung steht. Jedoch ergibt die bereits beschriebene Schwefelbestimmung in der Vorlageflüssigkeit trotz der Anwesenheit von Salpetersäure ebenfalls ausreichende Resultate.

### 8. Zur Analyse der nichtflüchtigen Bromide.

Die im Schiffchen verbliebenen Bromide werden am besten in Salpetersalzsäure gelöst und mit Salzsäure gekocht, um das Bromsilber in Chlorsilber überzuführen. Einige Tropfen Salzsäure vom S. G. 1,19 lösen auch das mitunter am Schiffchen angebackene leicht vollständig auf. Das Chlorsilber wird von der Gangart durch warmes, verdünntes Ammoniak getrennt. Ist nur wenig Silber vorhanden, so gelingt diese Trennung ganz gut. Bei

größerem Silbergehalt löst sich der Niederschlag auch bei mehrmaligem Behandeln mit Ammoniak meist nicht vollständig auf.

Man entfernt dann das Ammoniak, gibt concentrierte Salzsäure auf das Filter und nach einiger Zeit einige Tropfen Salpetersäure. Behandelt man jetzt den Niederschlag von neuem mit Ammoniak, so geht er vollständig in Lösung. Das Filtrat von Gangart und Silberbromid wird zur Trockne verdampft, um die Salpetersäure zu vertreiben. Für eine gute Bestimmung des Bleis als Sulfat ist darauf zu achten, daß die Lösung möglichst wenig freie Säure enthalte. Man muß den Niederschlag längere Zeit im Becherglase auf dem Wasserbade absitzen lassen und das Verdampfte von Zeit zu Zeit durch Alkohol ersetzen, um einer zu starken Concentration vorzubeugen. Zur quantitativen Trennung des Kupfers vom Zink durch Schwefelwasserstoff müssen pro 100 ccm Lösung zunächst mindestens 5 ccm concentrierte Schwefelsäure vorhanden sein; wenn nichts mehr ausfällt, verdünnt man die Lösung mit dem gleichen Volum Wasser und leitet dann Schwefelwasserstoff ein, bis die Lösung völlig farblos ist. Die Trennung des Eisens von Zink usw. erfolgt am besten durch die Succinatmethode. Die Lösung muß sehr genau neutralisiert werden: freie Säure macht Bernsteinsäure frei, in welcher der Niederschlag ein wenig löslich ist, durch freies Alkali werden Spuren der übrigen Metalle mitgefällt. Man erwärmt die Eisenoxydlösung mit kleiner Flamme, weil sich der Niederschlag in der Wärme besser absetzt, und läßt die Succinatlösung aus einem Hahntrichter tropfenweise zu. Nach beendeter Fällung läßt man erkalten, decantiert mehrmals und wäscht mit kaltem Wasser. Bei Beachtung dieser Regeln liefert diese von mir ausschließlich angewandte Methode durch einmalige Fällung eine ausgezeichnete Trennung, wie einige Beispiele zeigen mögen: 1) Angewandt 0,1119 g $FeSO_4.7H_2O$ neben 0,0611 g $ZnSO_4$, 0,0258 g $MnCl_2$; gefunden 0,0227 g *Fe* statt 0,0224 g. 2) Angewandt 0,0987 g $FeSO_4.7H_2O$ neben 0,164 g $ZnSO_4$, 0,0429 $NiCl_2$, 0,0390 g $CoCl_2$; gefunden 0,0196 g statt 0,0198 g *Fe*. Eine ähnlich genaue Trennung konnte mit keiner anderen Methode erzielt werden. Für die Zink-Nickeltrennung ergab folgende Methode befriedigende Resultate. Man neutralisiert die saure Lösung möglichst genau, gibt pro 100 ccm Lösung drei Tropfen concentrierte Schwefelsäure zu und leitet vier Stunden in der Kälte Schwefelwasserstoff ein. So wurde z. B. aus 0,1181 g Zinkvitriol und 0,104 g Nickelchlorür 0,0263 statt 0,0269 g Zink erhalten.

## III. Teil.

## Die chemische Zusammensetzung der Fahlerze.

Das Analysenmaterial wurde mir von dem Herrn Geheimen Regierungsrat Professor Dr. C. Hintze in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellt. Die Fahlerze von Kupferberg, Kapnik, Botés, Kotterbach, Hornachuelos und

Cook's Kitchen entstammen den hiesigen Sammlungen, diejenigen von Schemnitz, Müsen, Horhausen, Algier und Guanaxuato wurden durch Krantz in Bonn bezogen. Herr Geheimrat Hintze vermittelte auch freundlichst die Überlassung der Fahlerze von San Lorenzo durch den nun verstorbenen Herrn Johannes Brunner in Magdeburg, von Brixlegg und Dillenburg aus der Berliner Sammlung durch Herrn Geheimen Bergrat Professor Dr. Liebisch und aus der Greifswalder Sammlung durch Herrn Professor Dr. Milch. Ihnen allen sage ich besten Dank.

Da hier eine größere Zahl von Fahlerzen zusammen mit ihren Analysen vorliegt, so kann die Frage nach der Ursache der Strichfarbe leicht entschieden werden. Es bestätigt sich die Ansicht der Herren Prior und Spencer, daß hoher Eisengehalt den schwarzen Strich bedinge, während eisenfreies Fahlerz roten Strich zeigen würde. Der nur 0,23 % *Zn* enthaltende Tennantit mit rotbraunem Strich zeigt, daß der Zinkgehalt auf die Farbe ohne Einfluß ist.

## 9. Neue Analysen.

### I.

### Fahlerz von Horhausen, Westerwald, Rheinprovinz.

Krystalle auf derbem gelblichweißem Eisenspat, in Gesellschaft mit linsenförmigem Siderit, rotbrauner Zinkblende und Bleiglanz. Herrschend Pyramidentetraëder, untergeordnet Tetraëder gleicher Stellung. Prachtvoller Metallglanz. Strich rotbraun. Bruch muschelig. Dichte 5,079. Um den Bleiglanz sicher zu entfernen, wurde die Substanz mit Salzsäure behandelt. Angewandt wurde 0,6816 g und für die besondere Schwefelbestimmung 0,1150 g.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 37,75 | 5935 | 5945 | 2,47 | 2,98 |
| *Ag* | 0,11 | 10 | | | |
| *Zn* | 6,51 | 995 | 1226 | 0,51 | |
| *Fe* | 1,10 | 197 | | | |
| *Pb* | 0,71 | 34 | | | |
| *Sb* | 28,66 | 2384 | 2409 | — | 1,00 |
| *Bi* | 0,53 | 25 | | | |
| *S* | 24,61 | 7676 | — | — | 3,19 |
| | 99,98 | | | berechnet: | 3,24 |

### II.

### Fahlerz von Hornachuelos, Provinz Cordoba, Spanien.

Derb, mit weißen Quarzadern durchwachsen. Metallglanz. Strich grauschwarz. Dichte 4,68. Bruch uneben bis schwachmuschelig. Für die Analysen wurden quarzfreie Stückchen ausgewählt. Angewandt wurde bei a. 0,7068 g, bei b. 0,8212 g.

| | a. | b. | Mittel: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 38,97 | 38,93 | 38,95 | 6134 | 6136 | 2,52 | 3,00 |
| *Ag* | 0,01 | 0,03 | 0,02 | 2 | | | |
| *Zn* | 2,25 | 2,18 | 2,21 | 338 | 1190 | 0,49 | |
| *Fe* | 4,65 | 4,89 | 4,77 | 852 | | | |
| *Sb* | 27,09 | 26,92 | 27,00 | 2246 | 2433 | | 1,00 |
| *As* | 1,32 | 1,49 | 1,40 | 187 | | | |
| *S* | 25,56 | 25,76 | 25,66 | 8004 | | | 3,28 |
| | | | 100,01 | | | berechnet: | 3,24 |

III.

Fahlerz von Huanchaca, Süd-Bolivia.

Das derbe Fahlerz wechselt mit Quarzlagen ab, die von zahlreichen Kiespunkten durchsetzt sind. Metallglanz. Strich grauschwarz, kaum noch mit rötlichem Stich. Bruch muschelig. Dichte 4,769. Angewandt 1,2548 g.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 29,99 | 4715 | 5895 | 2,59 | 3,02 |
| *Ag* | 12,74 | 1180 | | | |
| *Zn* | 2,49 | 381 | | | |
| *Fe* | 3,29 | 589 | 984 | 0,43 | |
| *Pb* | 0,25 | 14 | | | |
| *Sb* | 26,42 | 2198 | 2275 | — | 1,00 |
| *As* | 0,58 | 77 | | | |
| *S* | 23,71 | 7396 | — | — | 3,25 |
| | 99,47 | | | berechnet: | 3,23 |

IV.

Fahlerz von Schemnitz, Ungarn.

Es stand mir eine doppelseitige Stufe zur Verfügung, deren eine Seite nur mit Fahlerzkrystallen, deren andere nur mit Pyritkrystallen besetzt ist. Herrschend stark glänzendes Tetraëder, untergeordnet rauhes, schwarzes Gegentetraëder. Strich rotbraun. Bruch uneben bis schwachmuschelig. Dichte 4,780. Angewandt 1,1440 g und für die besondere Schwefelbestimmung 0,2998 g.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 37,93 | 5964 | 6006 | 2,48 | 3,00 |
| *Ag* | 0,45 | 42 | | | |
| *Zn* | 7,57 | 1157 | 1264 | 0,52 | |
| *Fe* | 0,60 | 107 | | | |
| *Sb* | 26,12 | 2173 | 2418 | — | 1,00 |
| *As* | 1,84 | 245 | | | |
| *S* | 25,21 | 7863 | — | — | 3,25 |
| | 99,72 | | | berechnet: | 3,26 |

V.

Fahlerz von der Grube Aurora bei Dillenburg in Nassau.

Krystalle mit Quarz, Bleiglanz, Kupferkies, Malachit. Herrschend Tetraëder, dessen Ecken durch das Rhombendodekaëder dreiflächig abgestumpft

werden. Lebhafter Metallglanz. Strich rotbraun. Bruch uneben. Dichte 4,736. Das Erz ist trotz des schönen äußeren Glanzes mit Kupferkies gemengt, sodaß es schwer hält, zur Analyse geeignete Stückchen zu gewinnen. Angewandt 0,9743 g und für die Schwefelbestimmung 0,7208 g.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 38,52 | 6066 | 6073 | 2,47 | 2,98 |
| *Ag* | 0,08 | 7 | | | |
| *Zn* | 7,05 | 1078 | 1246 | 0,51 | |
| *Fe* | 0,94 | 168 | | | |
| *Sb* | 25,26 | 2101 | 2459 | — | 1,00 |
| *As* | 2,69 | 358 | | | |
| *S* | 25,22 | 7866 | — | — | 3,20 |
| | 99,76 | | | berechnet: | 3,23 |

VI.

Fahlerz von Kapnik, Ungarn.

Krystalle auf Quarzdruse, in Gesellschaft mit gelbbrauner Zinkblende. Habitus: Tetraëder mit untergeordnetem Rhombendodekaëder. Metallglanz. Strich rotbraun. Bruch muschelig. Dichte 4,794. Angewandt 0,5785 g und für die besondere Schwefelbestimmung 0,4944 g.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 38,59 | 6068 | 6131 | 2,58 | 3,06 |
| *Ag* | 0,68 | 63 | | | |
| *Zn* | 6,16 | 942 | 1130 | 0,48 | |
| *Fe* | 1,05 | 188 | | | |
| *Sb* | 24,98 | 2078 | 2378 | — | 1,00 |
| *As* | 2,25 | 300 | | | |
| *S* | 25,35 | 7906 | — | — | 3,32 |
| $SiO_2$ | 0,14 | | | berechnet: | 3,26 |
| | 99,20 | | | | |

VII.

Fahlerz vom Berge Botés in Siebenbürgen.

Quarzstufe mit Pyrit und großen Fahlerzkrystallen, an denen ein stark glänzendes Tetraëder vorherrscht. Untergeordnet das rauhe, schwarze Gegentetraëder und ein Pyramidentetraëder derselben Stellung. Bruch muschelig. Strich rotbraun. Dichte 4,87. Angewandt bei a. 1,1289 g, bei b. 1,1664 g und für die besondere Schwefelbestimmung unter b. 0,6931 g.

| | a. | b. | Mittel: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 36,10 | 36,11 | 36,10 | 5676 | 5816 | 2,46 | 3,01 |
| *Ag* | 1,54 | 1,52 | 1,51 | 140 | | | |
| *Zn* | 6,40 | 6,48 | 6,44 | 985 | | | |
| *Fe* | 0,71 | 0,85 | 0,78 | 139 | | | |
| *Pb* | 2,76 | 2,68 | 2,72 | 131 | 1302 | 0,55 | |
| *Mn* | 0,31 | 0,21 | 0,26 | 47 | | | |
| *Sb* | 24,09 | 23,90 | 24,00 | 1997 | 2364 | — | 1,00 |
| *As* | 2,63 | 2,88 | 2,75 | 367 | | | |
| *S* | 24,96 | 25,02 | 24,99 | 7795 | — | — | 3,34 |
| $SiO_2$ | 0,50 | 0,15 | 0,32 | | | berechnet: | 3,28 |
| | | | 100,13 | | | | |

VIII.

Altes Fahlerzvorkommen von der Schwabengrube bei Müsen im Siegerland (Vorkommen des Linnéits).

Derbes Erz, stellenweise dicht besetzt mit Kryställchen, von denen die größeren das Pyramidentetraëder und das Tetraëder gleicher Stellung erkennen lassen. Bruch uneben, Farbe lichtgrau, mitunter finden sich Löcher und graue Quarzkörnchen. Metallglanz. Strich noch deutlich rotbraun. Dichte 4,779. Angewandt 1,0060 g und für die zwei besonderen Schwefelbestimmungen 0,1988 g und 0,1948 g. Es wurden 23,95 und 23,72% Schwefel gefunden.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 33,30 | 5234 | 5392 | 2,13 | 2,84 |
| *Ag* | 1,70 | 158 | | | |
| *Zn* | 5,32 | 813 | 1791 | 0,71 | |
| *Fe* | 2,66 | 476 | | | |
| *Pb* | 0,83 | 40 | | | |
| *Ni* | 2,49 | 424 | | | |
| *Hg* | 0,75 | 38 | | | |
| *Sb* | 23,44 | 1933 | 2532 | — | 1,00 |
| *As* | 4,48 | 599 | | | |
| *S* | 23,83 | 7433 | — | — | 2,94 |
| $SiO_2$ | 0,26 | | | berechnet: | 3,27 |
| | 99,06 | | | | |

Die Verhältniszahlen dieser Analyse weichen von denen der vorhergehenden erheblich ab. Die große Zahl der Bestandteile läßt auf mechanische Beimengungen schließen. Da fast 3% Schwefel fehlen, so scheinen nicht sulfidische Erze vorhanden zu sein; der geringe Schwermetallgehalt deutet auf Verbindungen, in denen das Verhältnis von Kupfer zu Antimon kleiner als 3 : 1 ist, und der hohe Antimon-Arsengehalt auf Arsenide oder Antimonide. Wenn man nun von vornherein 207 *NiAs* oder *NiSb* subtrahiert, so bleiben ungefähr die gewöhnlichen Fahlerzverhältnisse übrig.

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Cu* | 5392 | 2,32 | 3,00 |
| *Zn* | 1584 | 0,68 | |
| *Sb* | 2325 | — | 1,00 |
| *S* | 7433 | — | 3,20 |
| | | berechnet: | 3,34 |

IX.

Fahlerz von Kotterbach in der Zips, Ungarn.

Derbes Erz, das von zahlreichen Kupferkies- und Barytadern durchwachsen ist. Völlig kiesfreies Material ließ sich nicht gewinnen. Dennoch wurde das Erz analysiert, um den Quecksilbergehalt festzustellen. Farbe

dunkel, Glanz sehr schwach, Strich schwarz. Dichte 4,651. Angewandt bei a. 1,0671 g, bei b. 1,0780 g und für die besondere Schwefelbestimmung 0,2921 g.

| | a. | b. | Mittel: | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 40,60 | 40,53 | 40,57 | 6379 | 6382 |
| *Ag* | 0,04 | 0,02 | 0,03 | 3 | |
| *Zn* | 1,51 | 1,72 | 1,61 | 246 | 1132 |
| *Fe* | 4,55 | 4,51 | 4,53 | 810 | |
| *Hg* | 1,59 | 1,46 | 1,52 | 76 | |
| *Sb* | 20,43 | 20,76 | 20,60 | 1713 | 2389 |
| *As* | 5,09 | 5,14 | 5,07 | 676 | |
| *S* | 25,04 | 25,29 | 25,21 | 7863 | |
| $BaSO_4$ | 0,72 | 0,77 | 0,75 | | |
| | | | 99,89 | | |

Zieht man von vornherein 174 $CuFeS_2$ ab, so bleibt:

| | | | |
|---|---|---|---|
| *Cu* | 6208 | 2,60 | 3,00 |
| *Zn* | 958 | 0,40 | |
| *Sb* | 2389 | — | 1,00 |
| *S* | 7515 | — | 3,15 |
| | | berechnet: | 3,20 |

## X.

## Fahlerz vom Groß-Kogel bei Brixlegg in Tirol.

Schwarze, matte Rhombendodekaëder auf Dolomit, zusammen mit grauen Dolomitrhomboëdern und weißem Baryt. Bruch uneben. Die Substanz ist vielfach durch braune Stellen verunreinigt, die ebenso wie die schwarze Oberfläche nach Möglichkeit entfernt wurden. Auf den Bruchflächen schwacher Metallglanz. Strich schwärzlich, der rote Ton noch erkennbar. Dichte 4,738. Angewandt wurde von der mit Salzsäure behandelten Substanz bei a. 0,4014 g, bei b. 0,8315 g und für die Schwefelbestimmungen bei a. 0,1361 g, bei b. 0,1514 g.

| | a. | b. | Mittel: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 40,95 | 40,87 | 40,91 | 6432 | 6453 | 2,56 | 3,05 |
| *Ag* | 0,27 | 0,19 | 0,23 | 21 | | | |
| *Zn* | — | 4,85 | 4,85 | 741 | 1241 | 0,49 | |
| *Fe* | 2,69 | 2,46 | 2,57 | 460 | | | |
| *Hg* | — | 0,80 | 0,80 | 40 | | | |
| *Sb* | — | 15,77 | 15,77 | 1312 | 2516 | — | 1,00 |
| *As* | — | 9,03 | 9,03 | 1204 | | | |
| *S* | 26,21 | 26,48 | 26,34 | 8216 | — | — | 3,27 |
| | | | 100,50 | | | berechnet: | 3,28 |

Damit ist auch in dem Brixlegger Fahlerzvorkommen Quecksilber nachgewiesen.

XI.

Fahlerz von Algier (Collection de A. A. Damour).

(Nach Ansicht des Herrn Geheimrat Hintze von Mouzaïa).

Derbes Erz mit einzelnen, stark glänzenden Krystallflächen, von erbsengelbem Siderit vielfach durchwachsen, wodurch sich die bröckelige Beschaffenheit des Erzes erklärt. Bruch uneben, Strich schwarz, Dichte 4,740. Das Erz wurde durch Behandlung mit Salzsäure vom Eisenspat befreit. Angewandt 0,9355 und für die besondere Schwefelbestimmung 0,1429 g.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 42,35 | 6658 | 2,59 | 2,98 |
| *Ag* | 0,09 | 8 | | |
| *Zn* | 1,48 | 226 | 0,39 | |
| *Fe* | 4,31 | 771 | | |
| *Sb* | 14,51 | 1207 | — | 1,00 |
| *As* | 10,24 | 1365 | | |
| *S* | 26,38 | 8229 | — | 3,20 |
| | 99,36 | | berechnet: | 3,18 |

XII.

Fahlerz von der Grube San Lorenzo, Santiago, Chile.

Bruchstücke großer Krystalle, zuweilen mit matten, zum Teil gerieften Krystallflächen, zusammen mit derbem Kupferkies und Buntkupfererz. Viele Stücke zeigen poröse, schlackenartige Beschaffenheit und sind dann hellgrau gefärbt. Bruch uneben, bei den besten Stücken schwachmuschelig. Strich sehr dunkel rotbraun. Wenig lebhafter Metallglanz. Dichte 4,597. Angewandt bei a. 0,9433 g, bei b. 1,2398 g und für die besondere Schwefelbestimmung bei a. 0,2722 g, bei b. 0,3441 g.

| | a. | b. | Mittel: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 42,11 | 41,99 | 42,05 | 6621 | 6624 | 2,57 | 3,03 |
| *Ag* | 0,04 | 0,04 | 0,04 | 3 | | | |
| *Zn* | 6,02 | 6,17 | 6,09 | 931 | 1196 | 0,46 | |
| *Fe* | 1,55 | 1,42 | 1,48 | 265 | | | |
| *Sb* | 11,00 | 10,75 | 10,87 | 904 | 2573 | — | 1,00 |
| *As* | 12,47 | 12,68 | 12,57 | 1669 | | | |
| *S* | 27,03 | 27,22 | 27,12 | 8478 | — | — | 3,29 |
| | | | 100,22 | | | berechnet: | 3,25 |

XIII.

Fahlerz von Guanajuato in Mexico.

(Collection de A. A. Damour.)

Unregelmäßig verwachsene Krystalle und stenglige Aggregate mit großen Zwischenräumen, vollständig überzogen mit grau-gelb-grüner Kies-

rinde. Das Fahlerz selbst ist vollkommen gleichartig, von ausgezeichnet muscheligem Bruch und prachtvollem Metallglanz. Strich schwarz. Dichte 4,576. Angewandt wurde bei a. 0,6560 g und für die besondere Schwefelbestimmung 0,1608 g, bei b. 0,6025 g.

| | a. | b. | Mittel: | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 42,15 | — | 42,15 | 6627 | 6748 | 2,58 | 3,07 |
| *Ag* | 1,38 | 1,24 | 1,31 | 121 | | | |
| *Zn* | 2,62 | — | 2,62 | 400 | 1308 | 0,49 | |
| *Fe* | 5,44 | — | 5,44 | 908 | | | |
| *Sb* | 4,81 | 4,51 | 4,66 | 387 | 2611 | — | 1,00 |
| *As* | 16,60 | 16,75 | 16,68 | 2224 | | | |
| *S* | 27,61 | — | 27,61 | 8611 | — | — | 3,29 |
| | | | 100,47 | | | berechnet: | 3,29 |

## XIV.

### Fahlerz (Julianit) von der Grube Friederike Juliane bei Kupferberg in Schlesien.

Schwarze traubige Anhäufungen kleiner Krystalle in Kalkspat. Strich grauschwarz, den roten Ton nur sehr schwach zeigend. Dichte 4,692. Angewandt 0,6130 g und für die besondere Schwefelbestimmung 0,1287 g. Das Material wurde der Stufe entnommen, an welcher Websky eigenhändig das Resultat seiner Analyse vermerkt hat.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 48,50 | 7625 | 7646 | 2,82 | 3,00 |
| *Ag* | 0,23 | 21 | | | |
| *Fe* | 2,77 | 495 | — | 0,18 | |
| *Sb* | 2,44 | 203 | 2712 | — | 1,00 |
| *As* | 18,82 | 2509 | | | |
| *S* | 27,04 | 8434 | — | — | 3,11 |
| Rückstand | 0,44 | | | berechnet: | 3,09 |
| | 100,24 | | | | |

## XV.

### Tennantit von Cook's Kitchen, Illogan bei Redruth in Cornwall.

Eine mit kleinen, unvollständigen, dodekaëdrischen Krystallen besetzte Schicht auf Buntkupfererz. Die Krystalle sind außen schwarz, innen lichtgrau und schwach glänzend. Bruch uneben. Dichte 4,746. Strich rotbraun. Angewandt 0,7637 g.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 53,24 | 8371 | — | 3,43 | 3,56 |
| *Zn* | 0,23 | 35 | 317 | 0,13 | |
| *Fe* | 1,58 | 282 | | | |
| *As* | 18,29 | 2439 | — | — | 1,00 |
| *S* | 26,54 | 8278 | — | — | 3,39 |
| Rückstand | 0,23 | | | berechnet: | 3,34 |
| | 100,11 | | | | |

Da der gefundene Schwefelgehalt mit dem berechneten übereinstimmt, wenn man das Eisen als $Fe_2S_3$ annimmt, so liegt nach der Art des Vorkommens die Annahme einer Vermischung der Fahlerzsubstanz mit Buntkupfererz nahe, die dadurch höchstwahrscheinlich wird, daß nach Abzug von $317\,Cu_3FeS_3$ in der Tat die gewöhnlichen Fahlerzverhältnisse übrig bleiben.

| | | |
|---|---|---|
| *Cu* | 7420 | 3,04 |
| *As* | 2439 | 1,00 |
| *S* | 7327 | 3,00 |

In diesem Sinne lassen sich auch die bereits vorhandenen Tennantitanalysen auffassen, sodaß der Tennantit als eine seltene Fahlerzvarietät mit dreiwertigem Eisen anzusehen und von dem eigentlichen Arsenfahlerze mit nur zweiwertigem Eisen zu trennen ist.

### 10. Die allgemeine empirische Fahlerzformel.

Die empirischen Formeln der von mir untersuchten Fahlerze sind, wenn ich der Einfachheit halber unter *Cu* die einwertigen, unter *Zn* die zweiwertigen und unter *Sb* die dreiwertigen Elemente verstehe:

| | | | |
|---|---|---|---|
| I. | $(Cu_{2,47}, Zn_{0,51})_{2,98}\ Sb\ S_{3,19}$, | berechnet | 3,24. |
| II. | $(Cu_{2,52}, Zn_{0,49})_{3,00}\ Sb\ S_{3,28}$, | - | 3,24. |
| III. | $(Cu_{2,59}, Zn_{0,43})_{3,02}\ Sb\ S_{3,25}$, | - | 3,23. |
| IV. | $(Cu_{2,48}, Zn_{0,52})_{3,00}\ Sb\ S_{3,25}$, | - | 3,26. |
| V. | $(Cu_{2,47}, Zn_{0,51})_{2,98}\ Sb\ S_{3,20}$, | - | 3,23. |
| VI. | $(Cu_{2,58}, Zn_{0,48})_{3,06}\ Sb\ S_{3,32}$, | - | 3,26. |
| VII. | $(Cu_{2,46}, Zn_{0,55})_{3,01}\ Sb\ S_{3,34}$, | - | 3,28. |
| VIII. | $(Cu_{2,13}, Zn_{0,71})_{2,84}\ Sb\ S_{2,94}$, | - | 3,27. |
| IX. | $(Cu_{2,60}, Zn_{0,40})_{3,00}\ Sb\ S_{3,15}$, | - | 3,20. |
| X. | $(Cu_{2,56}, Zn_{0,49})_{3,05}\ Sb\ S_{3,27}$, | - | 3,28. |
| XI. | $(Cu_{2,59}, Zn_{0,39})_{2,98}\ Sb\ S_{3,20}$, | - | 3,18. |
| XII. | $(Cu_{2,57}, Zn_{0,46})_{3,03}\ Sb\ S_{3,29}$, | - | 3,25. |
| XIII. | $(Cu_{2,58}, Zn_{0,49})_{3,07}\ Sb\ S_{3,29}$, | - | 3,29. |
| XIV. | $(Cu_{2,82}, Zn_{0,18})_{3,00}\ Sb\ S_{3,11}$, | - | 3,09. |
| XV. | $(Cu_{3,43}, Zn_{0,13})_{3,56}\ Sb\ S_{3,39}$, | - | 3,34. |

Die allgemeine empirische Fahlerzformel lautet somit:

$$(\overset{I}{M}_x, \overset{II}{M}_y)_3 \overset{III}{M} S_{3+\frac{y}{2}},$$

worin $\overset{I}{M} = Cu, Ag,$

$\overset{II}{M} = Zn, Fe, Pb, Hg, Mn, Ni,$

$\overset{III}{M} = Sb, As, Bi.$

$x + y = 3{,}00$ ist.

Die in dieser Formel symbolisierten, unmittelbaren Ergebnisse meiner Analysen sind:

I. Das Verhältnis: Kupferatome plus Zinkatome zu Antimonatomen ist constant und gleich drei.

II. Das Verhältnis: Kupferatome zu Zinkatomen ist variabel, wie folgende Zahlen zeigen: ($Zn + Fe$ usw. = 1,00).

| $Cu + Ag$ | 3,40 | 4,46 | 4,75 | 4,86 | 4,87 | 5,16 | 5,28 | 5,32 | 5,43 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Analyse Nr. | VIII | VII | IV | I | V | XIII | X | II | VI |

| $Cu + Ag$ | 5,55 | 5,99 | 6,48 | 6,67 | 15,45 | 26,41 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Analyse Nr. | XII | III | IX | XI | XIV | XV |

III. In den Fahlerzen liegen die gewöhnlichen Schwefelungsstufen der Metalle vor: $Cu_2S$, $Ag_2S$, $ZnS$, $FeS$, $HgS$, $PbS$, $MnS$, $Sb_2S_3$, $As_2S_3$, $Bi_2S_3$.

Der experimentelle Teil meiner Aufgabe ist mit diesen empirischen Feststellungen erledigt. Indessen pflegt man sich damit nicht zu begnügen, sondern sucht sich vorzustellen, in welchen chemischen Verbindungen die einzelnen Bestandteile der Substanz vorhanden seien. Derartige weitergehende Annahmen sind natürlich nur discutierbar, so lange sie mit der beweisbaren empirischen Formel in Einklang stehen.

### 11. Die specielle Fahlerzformel.

Satz II legt die Deutung nahe, daß in den Fahlerzen isomorphe Mischungen einer Kupfer- und einer Zinkverbindung vorliegen, die unter Berücksichtigung der beiden anderen Sätze folgendermaßen formuliert werden können.

$Cu_3SbS_3$ und $Zn_3SbS_{4,5}$, bezw. $Zn_6Sb_2S_9$.

Die Zinkverbindung entspricht also dem gleichfalls regulären Beegerit $Pb_6Bi_2S_9$. Welches ist nun aber die der Formel $Zn_6Sb_2S_9$ entsprechende Molekulargröße der Kupferverbindung? Als Kriterium dieser Frage kann der Begriff »chemische Analogie isomorpher Mischungen« dienen. Es lassen sich gegenwärtig vier Arten oder Stufen chemischer Analogie unterscheiden.

I. Die einander vertretenden »isomorphen« Atomgruppen haben gleiche Valenzensumme und enthalten die gleiche Zahl gleichwertiger Atome.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Apatit | $Ca_5P_3O_{12}F$, | Cölestin | $SrSO_4$, |
| Mimetesit | $Pb_5As_3O_{12}Cl$, | Anglesit | $PbSO_4$. |

II. Die isomorphen Atomgruppen haben gleiche Valenzensumme und enthalten die gleiche Zahl ungleichwertiger Elemente.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Kalkspat | $CaCO_3$, | Albit | $NaAlSi_3O_8$, |
| Natriumsalpeter | $NaNO_3$, | Anorthit | $CaAl_2Si_2O_8$. |

III. Die isomorphen Atomgruppen haben gleiche Valenzensumme und enthalten nicht die gleiche Zahl von Atomen.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Wollastonit | $Ca_3Si_3O_9$, | Scheelit | $\overset{II}{Ca}\overset{VI}{W}O_4$, |
| Pektolith | $Ca_2NaHSi_3O_9$, | Ammoniumjodat | $\overset{I}{(NH_4)}\overset{VII}{J}O_4$. |

IV. Die isomorphen Atomgruppen haben ungleiche Valenzensumme (?), aber gleiche Zahl von Atomen.

| | |
|---|---|
| Markasit | $FeS_2$, |
| Arsenkies | $Fe(As, S)_2$, |
| Löllingit | $FeAs_2$. |

Die Vertretung von Schwefel durch Antimon und Arsen ist nicht sicher.

Nach dieser Charakteristik der »chemischen Analogie« ist die Fahlerzformel entsprechend der Stufe III zu schreiben wie folgt:

$$x\,Cu_9Sb_3S_9 + Zn_6Sb_2S_9,$$

mit den äquivalenten Atomgruppen $(Cu_9Sb_3)$ und $(Zn_6Sb_2)$, worin wiederum *Cu* durch *Ag*, *Zn* durch *Fe*, *Pb*, *Hg*, *Mn*, *Ni*, und *Sb* durch *As* und *Bi* vertreten werden kann und $x$ bei meinen Analysen etwa von 2 bis 10 variiert und am häufigsten die Werte 3 bis 4 annimmt.

Prior und Spencer (loc. cit.) schreiben in voller Übereinstimmung mit meiner empirischen Formel $Cu_6Sb_3.Sb_2S_3$ und $Zn_6Sb_6.Sb_2S_3$, worin $Cu_6S_3$ mit $Zn_6S_6$ isomorph sein soll als »Erweiterung des Gedankens, welcher jetzt Grund zu fassen scheint, daß es in vielen Fällen die Zahl der Atome ist, ohne Rücksicht auf ihren chemischen Wert, welche beim Isomorphismus von Wichtigkeit ist, wie bei $NaAlSi_3O_8$ und $CaAl_2Si_2O_8$ und bei $CaCO_3$ und $NaNO_3$.« Nun haben wir aber schon bei Stufe II gesehen, daß gerade in diesen Beispielen der chemische Wert der Atome sehr wohl von Einfluß ist. Der Prior-Spencer'sche Gedankengang entspräche eher unserer Stufe IV, für die es sehr schwer hält, Beispiele zu finden und die stark problematisch ist. Endlich ist kein Grund ersichtlich, der dazu berechtigte, diese »Erweiterung« vorzunehmen, d. h. eine neue Stufe chemischer Analogie aufzustellen, die weder Äquivalenz noch gleiche Atomzahl aufweist.

Ich möchte an dieser Stelle vergleichsweise die chemische Zusammensetzung des rhombischen Stylotyps erwähnen, die meist fälschlicherweise

als die eines silberreichen Antimonfahlerzes angegeben wird. v. Kobell's Analyse (Ber. Akad. Wiss. München 1865, **1**, 163) ergab:

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| *Cu* | 28,00 | 4401 | 5169 | 2,03 | 2,52 | 12,4 |
| *Ag* | 8,30 | 768 | | | | — |
| *Fe* | 7,00 | 1252 | — | 0,49 | | 3,0 |
| *Sb* | 30,53 | 2539 | — | 1,00 | — | 6,0 |
| *S* | 24,30 | 7579 | — | 3,00 | — | 18,2 |

Für ein Fahlerz ist also zu viel Antimon vorhanden. Vielmehr ergibt sich als Stylotypformel in ungezwungenster Weise $2(Cu, Ag)_6Sb_2S_6 + Fe_3Sb_2S_6$, wie auch allgemein angenommen wird. Aus dem Umstande, daß die Verbindung $Cu_6Sb_2S_6$ im Stylotyp isomorph mit $Fe_3Sb_2S_6$ erscheint, glaube ich schließen zu dürfen, daß sie wahrscheinlich im Fahlerz nicht auch mit $Fe_6Sb_2S_9$ isomorph sein werde, wie Prior und Spencer annehmen.

Zum Vergleich sei bemerkt, daß Liebisch (Ber. Akad. Wiss. Berlin 1910, **20**, 369) nach Niederschrift dieser Abhandlung die Silberantimonide in die reguläre Verbindung $Ag_6Sb$ und die rhombische $Ag_3Sb$ getrennt hat. Es dürfte wohl kaum auf Zufall beruhen, daß gerade die Valenzensumme der regulären Gruppe $Zn_6Sb_2$ des Fahlerzes doppelt so groß ist als die des regulären Silberantimonides $Ag_6Sb$, während die Valenzensumme der rhombischen Gruppe $(Cu, Ag)_6Sb_2$, die ich dem Stylotyp zugewiesen habe, doppelt so groß ist als die des rhombischen Silberantimonides $Ag_3Sb$.

Da man in neuerer Zeit geneigt ist, chemische Molekel und Krystallmolekel als identisch anzusehen, so darf ich hier vielleicht auf eine mögliche Beziehung zwischen Krystallbau und Formel hinweisen. Nach der Theorie der Krystallstructur sind die Elementarparallelepipede des regulären Systems der Würfel mit acht, der centrierte Würfel mit neun und der Würfel mit centrierten Flächen mit 14 Punkten. Die Ebenen maximaler Punktdichte oder Spaltungsebenen sind im Falle des Aufbaues eines Krystalls aus centrierten Würfeln die Rhombendodekaëderflächen. Die tetraëdrische Zinkblende spaltet nach dem Rhombendodekaëder, ist also aus centrierten Würfeln struiert zu denken. Sollte die gleiche Krystallform der Fahlerze auf die gleiche Structur deuten, so würde man an eine Beziehung der Formeln $S_9Sb_3Cu_9$ und $S_9Sb_2Zn_6$ zu den neun Punkten des centrierten Würfels denken können.

Ich komme nun auf die Besprechung früherer Auffassungen zurück, nachdem ich durch die in meiner empirischen Formel enthaltenen drei Sätze einen festen Standpunkt gewonnen habe. Durch Satz I wird die Annahme H. Rose's, in den Fahlerzen würde $Cu_2S$ durch $ZnS$ isomorph vertreten, endgültig widerlegt. Denn jeder derartige Ersatz von $Cu_2$ durch $Zn$ würde das constante Verhältnis 3 : 1 stören.

Petersen's Formel $(Cu_2, Zn)_3(Sb, As)_2S_6$ ist natürlich nicht etwa mit

meiner empirischen Fahlerzformel $(\overset{\text{I}}{M}_x, \overset{\text{II}}{M}_y)_3 \overset{\text{III}}{M}S_{3+\frac{y}{2}}$, sondern mit der Stylotypformel identisch.

Tschermak's empirische Formel $Cu_{10}Zn_2Sb_4S_{13}$ stellt tatsächlich eines der häufigsten Verhältnisse dar. Jedoch fehlt es seinen Componenten an jeder chemischen Analogie und, indem er sein $Cu\mathbf{Zn}_2SbS_4$ durch $Cu\mathbf{Cu}_4AsS_4$ vertreten läßt, verstößt er gegen das constante Verhältnis 3 : 1.

Zu der Formel der Herren Prior und Spencer habe ich bereits Stellung genommen. Die Frage nach der Schreibweise der speciellen Fahlerzformel, in der ich von ihnen abweiche, kann experimentell zurzeit nicht entschieden werden. Als besonderes Verdienst von Prior und Spencer möchte ich es ansehen, daß sie sich als die ersten von der öfters erwähnten, schon als selbstverständlich geltenden Annahme Rose's über den Ersatz von $Cu_2S$ durch $ZnS$, wie man sieht, mit bestem Erfolge freigemacht haben.

# XXX. Kürzere Originalmitteilungen und Notizen.

**1. E. von Fedorow** (in St. Petersburg): **Aufruf an die Herren Collegen.**

Eine Gruppe von Collegen unserer Schule ist gegenwärtig mit der Abfassung von Tabellen beschäftigt, welche dazu dienen sollen, jede Krystallsubstanz mittels Erforschung ihrer Formencombination auf goniometrischem Wege zu bestimmen. Hoffentlich wird diese Arbeit bis nach anderthalb Jahren zum Abschlusse gebracht.

Bei der Ausführung derselben zeigte sich aber, daß es eine Anzahl von Krystallen gibt, welche vorherrschend in der Form von dünnen Lamellen erscheinen und sich sehr schwer durch die goniometrische Methode bestimmen lassen oder sogar vollständig für dieselbe unzugänglich sind. Nun sind aber solche Krystalle für die Bestimmung auf optischem Wege am besten geeignet.

Dementsprechend ist es sehr wünschenswert, diese Tabellen durch respective optische Tabellen zu vervollständigen.

Dies veranlaßt mich, den Herren Collegen, besonders den Chemikern, die Bitte vorzulegen, chemisch gut bestimmtes Krystallmaterial in der Form dünner Lamellen mir gefälligst zu übersenden.

St. Petersburg, k. Berginstitut.

**2. W. J. Lewis** (in Cambridge, Engl.): **Wiltshireït, ein neues Mineral.**

Bei einem neuerlichen Besuche des Binnenthales im Wallis erhielt ich, außer anderen interessanten Stücken, ein Mineral, dessen Krystallmessungen kaum einen Zweifel übrig ließen, daß es sich um ein noch nicht beschriebenes handelte. Es fand sich mit einem Sartoritkrystall in einer Höhlung des bekannten Dolomits und ist wahrscheinlich von jüngerer Entstehung als jener. Seine Farbe ist meist bleigrau, aber die kleinen Endflächen sind zinnweiß; einige Flächen zeigen jedoch einen braunroten Schimmer. Die Krystalle sind klein, aber in fast absolut paralleler Stellung zusammengehäuft, sodaß dieselbe Fläche von verschiedenen Individuen oft einen einzigen deutlichen Reflex liefert, während einige der wichtigsten Flächen zwei Reflexe mit einigen 10′ Abstand geben. Obgleich nur eine krystallographische Bestimmung möglich war und die chemische Zusammensetzung bis zur Auffindung weiterer Stücke unbekannt gelassen werden muß, ist es doch sehr wahrscheinlich, daß es sich um ein Bleisulfarsenit handelt.

Die Flächen von $\{201\}$, $\{302\}$, $\{101\}$, $\{001\}$ und $\{\bar{1}01\}$ sind glatt und glänzend und liefern meist gute Bilder; es sind sämtlich sehr kleine Endflächen. Die Hemipyramiden, welche in zwei homologen, zur Symmetrieebene symme-

trischen Zonen [100, 111] auftreten, sind ebenfalls glatt und glänzend. Die Flächen in der verticalen Zone, {100}, {310}, {320}, {120} und {010}, sind parallel ihren Kanten, nach welchen die Krystalle verlängert sind, stark gestreift; sie geben gute Bilder bei der Messung in Zonen, welche zugleich Pinakoide und Hemipyramiden einschließen, während directe Messungen der verticalen Kanten sehr unzuverlässige Resultate liefern.

Die Krystalle sind monoklin, und für ihre Elemente ergeben sich aus den Winkeln

$$(100):(101) = 48^0 47{,}3'$$
$$(100):(001) = 79\ 16$$
$$(001):(011) = 46\ 25{,}75$$

folgende Werte:

$$a:b:c = 1{,}587:1:1{,}070; \quad \beta = 100^0 44'.$$

Die wichtigeren Winkelwerte sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| (100):(201) | = 32° 37,7′ | 32° 36′ |
| (100):(302) | 39 22 | 40 11 |
| (100):(101) | 48 47,3 | 48 47 |
| (100):(001) | 79 16 | 79 15 |
| (100):($\bar{1}$01) | 116 24,6 | 116 33 |
| (100):(522) | 37 33 | 38 7 |
| (100):(211) | 43 9 | 43 7 |
| (100):(233) | 50 14 | 50 7 |
| (100):(111) | 59 7 | 59 10 |
| (100):(122) | 70 1 | 70 0 |
| (100):(011) | 82 37,5 | 82 38 |
| (100):($\bar{1}$22) | 95 59 | 96 2 |
| (100):($\bar{1}$11) | 108 44 | 108 39 |
| (100):($\bar{2}$11) | 128 56 | 128 58 |
| (100):($\bar{5}$22) | 136 11 | 136 2 |
| ($\bar{1}$01):($\bar{2}$12) | 25 36 | 25 35 |
| ($\bar{1}$01):($\bar{1}$11) | 43 46,6 | 43 45 |
| (011):(001) | 46 25,75 | 46 21 |
| (0$\bar{1}$1):(001) | 46 25,75 | 46 35 |
| ($\bar{0}$11):(011) | 92 51,5 | 92 58 |

Ich schlage für das Mineral den Namen Wiltshireït vor, zu Ehren des verstorbenen Prof. Thomas Wiltshire, früher Professor der Mineralogie am King's College, London.

**3. E. Sommerfeldt** (in Tübingen): **Zum Dimorphismus des Salmiaks.** Hierzu Taf. VII.

Im Centralblatt für Mineralogie[1]) erschien kürzlich eine Mitteilung über den Dimorphismus der Ammoniumhaloide, aus der man zu der irrtümlichen Auffassung gelangen könnte, daß mit den gewöhnlichen mikroskopischen Hilfsmitteln

1) R. C. Wallace, Centralbl. f. Min., Geol. u. Paläont. **1910**, 33—36.

sich die Umwandlung nur schwierig und undeutlich beobachten ließe, da der Verf. schreibt »es schien, als ob ein Schleier wellenförmig über den Krystall fortgezogen würde«. Demgegenüber möchte ich betonen, daß mittels geeigneter Präparate dieser Vorgang einen der schönsten und prägnantesten Demonstrationsversuche bildet, die sich mittels des einfachen Lehmann'schen Krystallisationsmikroskops ausführen lassen und daß Herr Lehmann ihn bereits seit langer Zeit vorführt.

Zwar liegt der Umwandlungspunkt des reinen Salmiaks zu hoch, um ihn beim Auskrystallisieren des Salzes aus wässeriger Lösung erkennen zu können, jedoch ermittelte schon Lehmann[1]), daß durch Zusatz von Bromammonium und Jodammonium der Umwandlungspunkt soweit herabgedrückt wird, daß man beim Erkalten einer heißen wässerigen Lösung zunächst das Anschießen und darauf die Umwandlung der Krystallskelette beobachten kann. Es kommt bei Herstellung eines derartigen Präparats aber ziemlich genau auf das Mengenverhältnis der drei Haloide, sowie auf die Quantität des zur Auflösung benutzten Wassers an, indem bei fehlerhafter Mischung die labilen Krystalle ausbleiben. Nun fand ich, daß die sonst zeitraubende Herstellung eines Präparats durch den Zusatz von etwas Eisenchlorid sehr erleichtert wird, wodurch der Umwandlungspunkt noch mehr herabgedrückt wird, sodaß das Mischungsintervall sich entsprechend vergrößert, innerhalb dessen der Vorgang nicht durch das Sieden der Lösung gestört wird. Man darf jedoch nicht soviel Eisenchlorid zusetzen, daß die von Lehmann beschriebenen anormalen Wachstumsformen der Eisensalmiakwürfel entstehen.

Um die Einfachheit des Vorgangs zu beweisen, habe ich Serienaufnahmen von der Umwandlung der Krystalle angefertigt in ähnlicher Weise, wie ich früher bereits das Anschießen des reinen Salmiaks durch kinematographische Serienaufnahmen dargestellt hatte, welche auf dem Dresdener Naturforschercongreß vorgeführt wurden.

Eine Auswahl dieser neuen Serienaufnahmen ist auf Taf. VII Fig. 2 dargestellt; es fällt zunächst an den Abbildungen auf, daß am einen Ende des Streifens die Krystalle heller als am anderen Ende sind. Dieses beruht darauf, daß die unmittelbar aus der Lösung krystallisierende (labile) Modification hell gefärbt ist, daß aber der Umwandlungsproceß mit einem Dunkelwerden dieser Krystalle verbunden ist. In der Tat kann man sich von dem schrittweisen Verbreiten der Trübung dadurch überzeugen, daß man mit dem hellsten Bilde beginnend die benachbarten genau mit diesem vergleicht; bei dem ersten Bilde (a) beschränkt sich das Trübewerden auf einen kleinen Bereich am Rande, bei b und c ist schon die ganze untere Hälfte des Bildfeldes trübe geworden und schließlich bei d das ganze Bildfeld. Die Umwandlung geht mit kleinen Gestaltsänderungen der winzigen Kuben, aus denen sich die Bäumchen zusammensetzen, vor sich; dementsprechend erscheinen die Seitenäste der Hauptbäumchen so lange, als ihre Umwandlung vor sich geht, unscharf; später jedoch sind die Äste wieder schärfer, indem alsdann die neuen Krystalle fertig vorliegen. Der Stamm der Bäumchen freilich erscheint nach der Umwandlung andauernd unschärfer, da die Umwandlung mit einer Auflockerung des Krystallgefüges verbunden ist. Man beachte ferner den unmittelbar neben den Perforationslöchern (links von diesen) befindlichen Krystallbaum, er beginnt bei dem zweiten Bilde sich umzuwandeln, beim zehnten ist er fast ganz umgewandelt.

---

1) O. Lehmann, diese Zeitschr. 1885, **10**, 321.

Fig. 1 läßt in Folge der stärkeren Vergrößerung das Ausbreiten der Umwandlung auf die Seitenäste deutlicher erkennen.

Herrn Geheimrat Lehmann bin ich für die Erlaubnis, diese und andere Serienaufnahmen in seinem Institute ausführen zu dürfen, zu großem Danke verpflichtet, sowie auch dem technischen Assistenten dieses Instituts, Herrn Laukisch, für unermüdliche Beihilfe.

**4. F. Vetter** (in Jena): **Berichtigung zu meiner Arbeit: „Beiträge zur Kenntnis der Abscheidungen des kohlensauren Kalkes aus Bicarbonatlösungen"; diese Zeitschr. 48, 45—109.**

Auf S. 60 und weiterhin an verschiedenen Stellen meiner Arbeit bezeichnete ich als »Axiolithe« im Sinne von F. Zirkel eine besondere Art verzerrter Calcitsphärolithe, welche nur in zwei zueinander senkrechten Stellungen das dunkle Kreuz zwischen gekreuzten Nicols zeigen, in anderen Stellungen dagegen nicht. Der Name »Axiolith« ist von F. Zirkel geprägt worden. Ich entnahm die vorstehende Definition, wie S. 60 angeführt, einer kurzgefaßten Angabe in Rosenbusch's Mikroskop. Physiogr. 4. Aufl. 1904, 1, 397. Herr Geheimer Rat Dr. Zirkel machte mich darauf aufmerksam, daß diese Auffassung und Verwendung des Begriffs »Axiolith« nicht, wie ich angegeben, mit der von ihm stammenden Definition übereinstimme. Er bezeichnete zuerst im J. 1877 als »Axiolithe« solche, »den Sphärolithen gewissermaßen coordinierte Faseraggregate in Rhyolithen, bei denen die Fasern nicht von einem Centrum nach allen Richtungen ausstrahlen, sondern um eine gerade verlaufende oder etwas gebogene Linie als Axe, rundum in einer Ebene liegend, versammelt sind, wie die Kalkfasern in einem Belemniten oder in der Eisenblüte«[1]). Die ausführliche Erläuterung des Begriffes findet sich in seinem Lehrbuche der Petrographie, 2. Aufl. 1893, 1, 479. Ich hatte seiner Zeit versäumt, bis auf diese ursprüngliche, mir zugängliche Quelle zurückzugehen. Obwohl Herr Geh. Rat Zirkel liebenswürdiger Weise die Öffentlichkeit nicht damit behelligen wollte, glaube ich doch, ihm diese öffentliche Richtigstellung meiner Angabe schuldig zu sein. Es ist also in meiner Arbeit überall, wo von »Axiolithen« die Rede ist, zu lesen: »semmelförmige oder ameiseneierähnliche verzerrte Sphärolithe« mit den S. 60 beschriebenen Eigenschaften.

1) Kurze Zusammenfassung der Begriffsbestimmung, entnommen dem Briefe des Herrn Geh. Rat Zirkel an mich.

# XXXI. Auszüge.

**1. F. Becke** (in Wien): **Zur Physiographie der Gemengteile der krystallinen Schiefer** (Denkschr. der math.-nat. Klasse der K. Akad. d. Wiss. Wien 1906, 75, 97—151. Mit 19 Textfiguren und 2 Tafeln).

Nachdem der Verf. die allgemeinen optischen Untersuchungsmethoden (Ref. diese Zeitschr. 42, 644), sowie die allgemeinen Gesetzmäßigkeiten, die sich bei der petrographisch-geologischen Bearbeitung der krystallinen Schiefer haben aufstellen lassen, bereits in seinen früheren Abhandlungen entwickelt und besprochen hatte, schreitet er zur eingehenden Behandlung der einzelnen Gemengteile der krystallinen Schiefer der Centralkette der Ostalpen und beginnt mit der Feldspatgruppe. In vorliegender Abhandlung sind vornehmlich die Beobachtungsmethoden besprochen, deren sich der Verf. zur Bestimmung der Gesteinsfeldspäte bedient. Die Methoden werden an einer größeren Zahl praktischer Beispiele erläutert, die Abhandlung kann somit auch als eine ausgezeichnete Anleitung zur präcisen Feldspatbestimmung betrachtet werden.

Der Kalifeldspat ist leicht durch seine schwache Licht- und Doppelbrechung zu erkennen. Umrisse von Krystallformen findet man nur in krystallinen Schiefern, die sicher aus Erstarrungsgesteinen hervorgegangen sind. Es ist bemerkenswert, daß der Kalifeldspat der krystallinen Schiefer fast immer eine mehr oder weniger deutliche Gitterstructur zeigt. Öfters ist ein deutlicher Zusammenhang zwischen Lamellierung und Pressung zu erkennen. Auch sind gesetzmäßige innige Durchdringungen von Natronfeldspat und Kalifeldspat, die sogenannten Perthite und Mikroperthite, außerordentlich verbreitet. Homogene Mischungen von Natron- und Kalifeldspat (Anorthoklase) finden sich in krystallinen Schiefern nicht.

Plagioklase. Der Verf. construiert auf Grund von zum größten Teile von ihm selbst oder seinen Schülern neu ausgeführten Bestimmungen eine große Anzahl von Bestimmungsdiagrammen der Plagioklase, sodaß man sich für jeden speciellen Fall leicht die am meisten entsprechende Methode heraussuchen kann.

Die Diagramme beziehen sich auf die Lichtbrechung, Auslöschungsschiefe in bestimmten, leicht auffindbaren Schnitten, ferner auf den Winkel und die Position der optischen Axen in Zwillingskrystallen, der Axenebenen usw.

Sehr eingehend werden die vom Verf. entwickelten Methoden behandelt, welche auf Messung gewisser Axenabstände unter dem Mikroskope mit Hilfe der Camera lucida beruhen. Schnitte mit Axenaustritt sind leicht durch die niederen, graublauen Interferenzfarben zu erkennen. Die Änderung gewisser Axen-

abstände mit dem Mischungsverhältnis ist in Zwillingskrystallen oft sehr stark, und es werden vom Verf. die wichtigsten hier in Betracht kommenden Fälle systematisch untersucht und zu diagnostischen Zwecken ausgenutzt.

Von Zwillingsgesetzen brauchen hier nur das Albit-, Periklin- und das Karlsbader Gesetz berücksichtigt zu werden. Es kommt hier auch entweder der Winkel gleicher Axen zweier Zwillingsindividuen oder der zwischen ungleichen Axen in Betracht. Je nach dem Mischungsverhältnis ist im Plagioklas dieser oder jener Winkel leicht meßbar. Besonders charakteristisch sind die Interferenzbilder der Doppelzwillinge nach dem Karlsbader und Albitgesetz.

Zum Schluß werden einige allgemeinere Ergebnisse der Feldspatuntersuchung der krystallinen Schiefer mitgeteilt. Als ein sehr wichtiges Resultat sei die Constatierung der inversen Zonenstructur der Feldspäte angeführt. Während in Ergußgesteinen der Zonenbau der Regel: »Kern anorthitreicher als die Hülle« entspricht, lautet bei den Feldspäten der krystallinen Schiefer die Regel umgekehrt: Kern anorthitärmer als die Hülle. Diese Zonarstructur ist nicht nur auf saure Glieder beschränkt, es wurden auch Hüllen mit achtzig Procent Anorthitgehalt beobachtet. Einschlüsse sind in Plagioklasen der krystallinen Schiefer sehr reichlich vorhanden. In den albitreichen Varietäten findet man Muscovit, in den anorthitreicheren Klinozoisit und Granat.

Der Verf. hält seine Vorstellung, daß diese Einschlüsse secundäre Bildungen aus dem Anorthitsilicat sind, für die einfachste und behält sich vor, auf die Frage nochmals einzugehen.

In Gesteinen, die ursprünglich einen hohen Gehalt an Kalifeldspat hatten und einer starken Umwandlung ausgesetzt waren, beobachtete der Verf. eine eigentümliche Verdrängung des Kalifeldspates durch Natronfeldspat. Der neugebildete Natronfeldspat zeigt eine merkwürdige Zwillingslamellierung nach dem Albitgesetze; die alternierenden Lamellen sind nicht viel länger als breit, sodaß, wenn eine Schar von Zwillingslamellen auf dunkel gestellt wird, eine an das Schachbrett mahnende Zeichnung entsteht. Diese Bildung wird Schachbrett-Albit genannt.

Schließlich werden die Verwachsungen von Plagioklas und Quarz, die als Myrmekit bekannt sind, eingehend besprochen.

Im Anhang sind die Einzelbeobachtungen und optischen Constanten zusammengestellt, welche zur Construction der Diagramme verwendet wurden.

Ref.: St. Kreutz.

**2. Z. Weyberg** (in Warschau): **Krystalle der tetragonal-bisphenoidischen Klasse** (Anzeiger der Akad. d. Wiss. in Krakau 1906, Nr. 7, 611—617. Mit 1 Tafel).

Durch Zusammenschmelzen von Kaolinpulver mit einem Überschuß von Calciumbromid erhielt der Verf. tetragonale, optisch negative Kryställchen, deren chemische Zusammensetzung der Formel $SiO_2 . Al_2O_3 . 2CaO$ entspricht.

Beobachtete Combination: {001}, {110} und zwei Arten von Bisphenoiden, die nur ausnahmsweise zugleich auftreten; es kann sich daher nur um Krystalle der skalenoëdrischen oder der bisphenoidischen Klasse handeln. Der Verf. versuchte mit Hilfe der Ätzversuche zwischen beiden Klassen zu entscheiden und tatsächlich gelang es ihm, an gegenüberliegenden Basisflächen dreiseitige, gegeneinander um 90° gedrehte Ätzgrübchen zu erhalten. Als Ätzmittel wurde Salz- oder Salpetersäure verwendet.

Die Ätzfiguren an den Prismenflächen sind asymmetrisch, doch ist deren Ausbildung an verschiedenen Flächen mit der Axe der zusammengesetzten Symmetrie verträglich.

Somit liegt in der untersuchten Substanz das erste Beispiel der tetragonal-bisphenoidischen Klasse vor. Ref.: St. Kreutz.

**8. J. Morozewicz** (in Krakau): **Über die chemische Zusammensetzung des Nephelins** (Anzeiger der Ak. d. Wiss. in Krakau 1907, Nr. 8, 958—1008).

Die von verschiedenen Autoren angegebenen empirischen Formeln des Nephelins weichen ziemlich stark voneinander ab. Von den Ansichten über die Constitution des Nephelins sind die Anschauungen von Rammelsberg und St. Thugutt die wichtigsten. Nach Rammelsberg wäre der Nephelin eine Verbindung des Natriumorthosilicats $NaAlSiO_4$ mit der Leucitsubstanz $KAlSi_2O_6$. Thugutt sieht dagegen im Nephelin eine Verbindung des wasserfreien Natrolithsilicats mit Natriumaluminat und wasserfreiem »Kaliumnatrolith«:

$$8\,Na_2Al_2Si_3O_{10} \cdot 4\,Na_2Al_2O_4 \cdot 3\,K_2Al_2Si_3O_{10}.$$

Diese Ansicht wird begründet durch das Verhalten der Nephelinsubstanz, welche nach Experimenten von Thugutt bei Behandlung mit 2%iger Kaliumcarbonatlösung bei ca. 200° in Kaliumnatrolith ($K_2Al_2Si_3O_{10} \cdot 3H_2O$) und Natriumaluminat übergeht.

Da nach älteren Analysen die Zusammensetzung des Nephelins ziemlich beträchtlichen Schwankungen unterworfen ist, so führte der Verf. eine Reihe sehr sorgfältiger Analysen aus, um zu entscheiden, ob das Verhältnis des Kaliums zum Natrium ein isomorphes oder ein stöchiometrisches ist, ferner um das Verhältnis der Tonerde zum Siliciumdioxyd zu präcisieren.

Wegen der Untersuchungsmethode, praktischer analytischer Hinweise usw., muß auf das Original verwiesen werden.

Eläolithe aus dem Mariupolit von Balka Wali Tarama. Das Reinigen des Analysenmaterials wurde mittels des Elektromagneten und Bromoform durchgeführt. Die Entfernung der Einschlüsse (Feldspäte, Hämatit usw.) gelang durch zweckmäßige Ausnutzung der Löslichkeit des Nephelins in $\frac{1}{4}$-normaler Salzsäure. Es wurden Eläolithe von dreierlei Habitus analysiert: Ia. porphyrartig ausgeschiedene Krystalle. Krystallform: $\{10\bar{1}0\}$, $\{0001\}$ und $\{10\bar{1}1\}$. Die optischen Eigenschaften sind normal. Spec. Gewicht 2,631. Ib. derbe Massen,

| | Ia. | | Ib. | | Ic. | | II. | | III. | | IV. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 43,65 | 2,21 | 43,46 | 2,21 | 43,55 | 2,21 | 42,71 | 2,12 | 42,53 | 2,121 | 43,34 |
| $TiO_2$ | 0,10 | | 0,07 | | 0,03 | | 0,04 | | 0,01 | | Spur |
| $Al_2O_3$ | 33,12 | 1,00 | 32,82 | 1,00 | 32,96 | 1,00 | 33,83 | 1,00 | 33,92 | 1,00 | 33,75 |
| $Fe_2O_3$ | 0,48 | | 0,75 | | 0,66 | | 0,40 | | 0,30 | | 0,50 |
| $CaO$ | 0,49 | 0,99 | 0,31 | 0,99 | 0,25 | 1,00 | 0,32 | 0,998 | 1,97 | 1,02 | 2,20 |
| $MgO$ | — | | — | | — | | Spur | | 0,07 | | 0,24 |
| $K_2O$ | 5,69 | | 5,55 | | 6,09 | | 5,86 | | 5,82 | | 4,34 |
| $Na_2O$ | 15,91 | | 16,12 | | 16,00 | | 16,46 | | 15,12 | | 15,66 |
| $H_2O$ | 0,74 | | 0,89 | | 0,33 | | 0,18 | | 0,13 | | —0,23 |
| | 100,18 | | 99,97 | | 99,86 | Einschl. | 0,06 | | 0,24 | $Cl$ | Spur |
| | | | | | | | 99,86 | | 100,11 | $SO_3$ | — |
| | | | | | | | | | | | 100,26 |

enthalten 9,8 % Einschlüsse, die aber vor der Analyse entfernt wurden. Ic. rötliche Eläolithkörner. — Die auf S. 520 unten angeführten Zahlen sind Mittel aus je zwei Analysen.

Das Verhältnis von $K_2O : Na_2O$ ist in Ia. und Ib. gleich 1 : 4,5, in Ic. wie 1 : 4, die empirischen Formeln sind also: Ia. und Ib. $K_2Na_3Al_{11}Si_{12}O_{45}$, Ic. $K_2Na_8Al_{10}Si_{11}O_{42}$.

Eläolithe von Miass. Analyse II. Da der Verf. über sehr reines Material verfügte, so hat er das spec. Gewicht mit besonderer Sorgfalt bestimmt, indem er etwa 6 g gröblichen Pulvers in einem an dünnem Platindraht aufgehängten Platintiegel in Luft und in Wasser gewogen hat. Bei mehrmaligem Versuche ergab sich eine stetige Abnahme des spec. Gewichtes, ein deutlicher Beweis der starken Löslichkeit des Nephelins im heißen Wasser.

Durchschnittlich spec. Gewicht 2,6453. Empirische Formel:

$$K_4Na_{18}Al_{22}Si_{23}O_{90}.$$

Nephelin vom Vesuv. Es ließen sich hier zwei Typen unterscheiden; die Analysenzahlen sind unter III. und IV. angeführt. Analyse III. führt zu derselben Formel, wie für den Eläolith von Miass; spec. Gewicht = 2,64. Analyse IV. bezieht sich auf kleine Krystalle $\{10\bar{1}0\}$, $\{0001\}$, $\{10\bar{1}1\}$, die auf Sanidinauswürflingen des Mte. Somma mit Augit, Fuchsit, Sanidin und Mineralien der Werneritgruppe sich vorfinden. Empirische Formel: $K_2Na_{11}Al_{13}Si_{14}O_{54}$. Der ziemlich hohe Gehalt an $CaO$, sowie die Anwesenheit von kleinen Mengen $MgO$ sind für den vesuvianischen Nephelin charakteristisch.

Neben den Hauptgemengteilen wurden also in den Nephelinen folgende Stoffe bestimmt: $Fe_2O_3$, $CuO$, $H_2O$, $TiO_2$, $MgO$. Eisenoxyd vertritt $Al_2O_3$, auch Natrium- und Calciumoxyd vertreten einander isomorph, wie sich dies aus den wechselnden Verhältnissen $CaO : Na_2O$ bei gleicher Menge $K_2O$ ergibt. Magnesiumoxyd wird vom Verf. bei der Berechnung der Analysen mit $K_2O$ verbunden, es war dabei die Beobachtung maßgebend, daß kalireiche Nepheline wenig Magnesia enthalten und umgekehrt. Aus der Betrachtung der Analysenzahlen folgt, daß sich die Zusammensetzung des Nephelins durch eine einzige Formel nicht ausdrücken läßt. Es werden dagegen auf Grund der neuen Analysen, sowie der Discussion der älteren, zwei Nephelinreihen aufgestellt:

I. normale Reihe: $K_2Na_nAl_{n+2}Si_{4n+10}$,
und II. basische Reihe: $K_4Na_nAl_{n+4}Si_{n+5}O_{n+18}$.

Diese Formeln umfassen alle sicheren Analysenresultate.

Das spec. Gewicht der basischen Nepheline = 2,64, der normalen = 2,63 oder etwas weniger.

Um eine Constitutionsformel des Nephelins aufzustellen, betrachtet der Verf. verschiedene Gesteinsnepheline im Zusammenhange mit der Zusammensetzung des Mediums, des Magmas. Kaliumoxyd ist mit Natriumoxyd im Nephelin nicht isomorph, da aus chemisch sehr verschiedenen Magmen, die unter verschiedenen Bedingungen auskrystallisierten, sich Nepheline mit demselben Verhältnis $K_2O : Na_2O = 1 : 4,5$ ausgeschieden haben (Miass, Mariupol). Könnten sich diese Bestandteile gegenseitig ersetzen, so hätte sich in den Mariupoliten ein natriumreicherer Eläolith ausscheiden müssen. Zu demselben Ergebnis führen die Ex-

perimente von C. und G. Friedel, welche stets Nepheline von annähernd derselben Zusammensetzung erhielten, unabhängig davon, ob sie Muscovit mit Kali- oder Natronlauge behandelt haben.

Auch der Zersetzungsproceß des Nephelins weist auf die besondere Stellung des Kaliums im Nephelin hin. Nach Thugutt ist Zeagonit ein Hydratationsproduct des Nephelins, dessen Natrium durch Calcium verdrängt worden, während Kalium unversehrt geblieben ist.

Diese Betrachtungen, sowie die anfangs erwähnten Experimente Thugutt's führen zu der Auffassung, daß die normalen Nepheline Doppelverbindungen von Natriumalumodisilicat (Sodalithgruppe) mit dem Alumotrisilicat von Kalium (Natrolithgruppe) sind:

$$n(Na_2Al_2Si_2O_8).K_2Al_2Si_3O_{10}.$$

Das Kalium ist somit ein wesentlicher, constitutioneller Bestandteil des Nephelins. Die basischen Nepheline sind ebenfalls Doppelverbindungen, bei denen das Kaliumradical um $\frac{1}{2}$ Molekül $SiO_2$ weniger enthält.

Die besten Analysen lassen sich dann, wie folgt, deuten:

| | |
|---|---|
| Eläolith von Mariupol (Ic.): | $K_2Al_2Si_3O_{10}.4Na_2Al_2Si_2O_8$, |
| Eläolith von Mariupol u. Miass (Ia., b., II): | $K_2Al_2Si_3O_{10}.4\frac{1}{2}Na_2Al_2Si_2O_8$, |
| Eläolith von Dunganton (nach Harrington): | $K_2Al_2Si_3O_{10}.5Na_2Al_2Si_2O_8$, |
| Nephelin vom Vesuv (IV.): | $K_2Al_2Si_3O_{10}.5\frac{1}{2}Na_2Al_2Si_2O_8$. |

Die Sodalithgruppe ist in der Natur als Radicalgruppe sehr verbreitet.

Ref.: St. Kreutz.

**4. J. Morozewicz** (in Krakau): **Beiträge zur Kenntnis des kohlensauren Calciums** (Kosmos, Lemberg 1907, **32**, 487—495).

I. Lublinit, eine neue Mineralart des Kalkspats.

Nach L. L. Iwanow findet sich in der Umgebung von Pulawy a. d. Weichsel in Klüften des Kreidemergels ein filzartiges Mineral, welches nach dessen Ansicht ein wasserhaltiges Calciumcarbonat sein sollte.

Der Verf. sammelte das fragliche Mineral im Dorfe Wysokie, Gouv. Lublin. Die chemische Untersuchung ergab folgende Zusammensetzung des an Bergmilch erinnernden Minerals: $CaO$ 55,13%, $CO_2$ 43,06%, Mergelbeimengung 1,04%, Glühverlust 0,95%. Es handelt sich also um wasserfreies Calciumcarbonat. Unter dem Mikroskop erkennt man, daß die Filzfasern stark doppelbrechend sind, und gegen die Längsrichtung schiefe Auslöschung zeigen. Da manche der Fasern durch eine schiefe Endfläche abgestumpft wird, so kann es sich hier um stark verzerrte Calcitrhomboëder handeln, die nach einer Polkante des Hauptrhomboëders ausgezogen sind. Die optische Untersuchung, auch die Meigenreaction bestätigen diese Auffassung. Das fragliche Mineral ist also eigenartig ausgebildeter Calcit; wegen der merkwürdigen Ausbildungsart bezeichnet der Verf. diese Art als »Lublinit«.

II. Das Verhalten des künstlichen Aragonits bei höherer Temperatur.

Durch Fällung mit Ammoniumcarbonat erhaltene kleine Aragonitkryställchen wurden durch mehrere Stunden bei dunkler Rotglut gehalten. Nach der Ab-

kühlung zeigten die Kryställchen dieselbe Form, aber eine schiefe Auslöschung; sie haben ihre Durchsichtigkeit und Homogenität nicht eingebüßt. Die Umwandlung der Krystalle geschieht ohne Gewichtsverlust, es liegt hier eine Paramorphose von Calcit nach Aragonit vor.

(Nach Boecke, Zeitschr. f. anorg. Chemie, 1906, 50, 244, liegt der Umwandlungspunkt oberhalb 400°, ist aber nicht constant.)

Wird das so erhaltene Calcitpulver weiter bei heller Rotglut geglüht, so verlieren die Kryställchen ihre Doppelbrechung, die Krystallform bleibt aber noch erhalten. In Säure werden jetzt die Krystalle ohne Kohlensäureentwickelung aufgelöst, es handelt sich um einfaches Calciumoxyd. Nach Benetzung mit Ammoniumcarbonat werden die Krystallskelette wieder stark doppelbrechend, der Kalkspat wird regeneriert. Die flüchtigen Kohlensäuremoleküle können also entfernt und wiederum gebunden werden, ohne den Zerfall des Krystallgerüstes zu bewirken.

Ref.: St. Kreutz.

**5. J. Morozewicz** (in Krakau): **Versuch einer rationellen Terminologie von Alumosilicaten** (Kosmos, Lemberg 1907, 32, 496—499).

Zu den häufigsten Reactionen der Alumosilicate gehören Zersetzungsreactionen, bei welchen aus Salzverbindungen freie Alumokieselsäuren entstehen. Solche Reactionen beweisen, daß zwischen Silicium und Aluminium nähere Verwandtschaft besteht, als zwischen Aluminium und den Alkalimetallen, resp. den Metallen der alkalischen Erden.

In der Kaolin-(Nakrit)formel sind nur zwei Wasserstoffatome durch Metallatome ersetzbar: $H_2Al_2Si_2O_8.H_2O$. Lemberg und Thugutt haben aus Kaolin durch Behandlung mit 15%iger Natronlauge bei 200° die schön krystallisierende Verbindung: $4(Na_2Al_2Si_2O_8).5H_2O$ erhalten. Diese Reaction ist von besonderer Wichtigkeit, weil aus ihr ersichtlich ist, daß das Aluminium nicht als einfaches Ion abspaltbar ist; man hat also hier die Ionen $H_2$ und $(Al_2Si_2O_8)$, das letztere als complexes Ion.

(Vergl. hierzu die Werner'sche Anschauungen und Systematik der Molekülverbindungen! Der Referent.)

Kaolin ist also als eine complexe Alumokieselsäure zu betrachten. Es sind ferner analoge complexe Säuren mit drei Atomen Silicium (Cymolith) und mit vier Atomen Silicium (Pyrophyllit) bekannt. Natrolith, Analcim, Leucit sind Salze dieser Säuren.

Die Alumokieselsäuren bilden eine stetige Reihe, in welcher die Zahl der durch Metallatome ersetzbaren Wasserstoffatome = 2 ist, die Zahl der Aluminiumatome ist ebenfalls zwei, die Zahl der Siliciumatome nimmt stets um eins zu.

Man hat hier folgende Säuren:

$H_2Al_2Si_2O_8$ Kaolin (ohne Krystallisationswasser),
$H_2Al_2Si_3O_{10}$ Cymolith (ohne Krystallwasser),
$H_2Al_2Si_4O_{12}$ Pyrophyllit,
$H_2Al_2Si_5O_{14}$ (im Harmotom),
$H_2Al_2Si_6O_{16}$ (im Albit),
allgemein $H_2Al_2Si_nO_{2n+4}$.

Die bei Reactionen dieser Säuren sich bildenden Ionen sind:

$$H_2 \text{ und } (Al_2Si_nO_{2n+4})^{II}.$$

Ist $n$ größer als vier, so spaltet sich die Kieselsäure leicht ab, wie dies aus der Umsetzung der Feldspatsubstanz, des Harmotoms und Phillipsits in Analcim unter Einwirkung der Alkalien zu schließen ist.

Da die Formeln der Alumokieselsäuren sich nur durch die Zahl der Siliciumatome unterscheiden, so schlägt der Verf. vor, diese Zahl besonders zum Ausdruck zu bringen und sich folgender Terminologie zu bedienen:

$H_2Al_2Si_2O_8$ Alumodikieselsäure,
$H_2Al_2Si_3O_{10}$ Alumotrikieselsäure,
$H_2Al_2Si_4O_{12}$ Alumotetrakieselsäure usw.

Für die entsprechenden Salzverbindungen:

$Na_2Al_2Si_2O_8$ Natriumalumodisilicat (im Sodalit, Nosean usw.),
$Na_2Al_2Si_3O_{10}$ Natriumalumotrisilicat (wasserfreier Natrolith),
$K_2Al_2Si_4O_{12}$ Kaliumalumotetrasilicat (Leucit),
$BaAl_2Si_5O_{14}$ Baryumalumopentasilicat (wasserfreier Harmotom),
$Na_2Al_2Si_6O_{16}$ Natriumalumohexasilicat (Albit) usw.

Diese Terminologie entspricht den chemischen Reactionen dieser Salze, nach welchen in ihnen ein complexes Ion $(Al_2Si_nO_{2n+4})$ anzunehmen ist.

Ref.: St. Kreutz.

**6. L. Bruner und St. Tołłoczko** (in Krakau): **Über die Auflösungsgeschwindigkeit fester Körper** (Anz. d. Akad. d. Wiss. in Krakau 1907, 673 bis 690).

Die Verff. haben durch zahlreiche Experimente gezeigt, daß die Auflösungsgeschwindigkeit einer Reihe fester Körper sich durch die von Noyes und Whitney aufgestellte, von den Verfassern auf bestimmte Oberfläche bezogene Formel: $dx = A.F(C_0 - c)dt$ ausdrücken läßt. Mit $x$ wird die bereits aufgelöste Substanzmenge, mit $F$ die Oberfläche des aufzulösenden Körpers bezeichnet. $C_0$ bedeutet die Sättigungsconcentration, $A$ ist eine Constante. Wird an der Nernstschen Vorstellung festgehalten, daß das Gleichgewicht an der Trennungsschicht zweier Phasen (hier fest-flüssig) mit praktisch, d. h. im Vergleich zur Diffusionsgeschwindigkeit, unendlich großer Geschwindigkeit hergestellt wird, so war zunächst, unter Voraussetzung gleicher Löslichkeit krystallographisch verschiedener Flächen, zu erwarten, daß die Auflösungsgeschwindigkeit krystallographisch ungleichwertiger Flächen desselben Körpers wenigstens keine merklichen Unterschiede zeigen wird; bei dem ganzen Vorgang kommt es nach Nernst lediglich auf die Diffusionsgeschwindigkeit an.

Die Verff. untersuchten die Auflösungsgeschwindigkeit der Kochsalzkrystalle.

Die Untersuchungsmethode war folgende: In der Mitte eines Glasrohrs ist in einem Holzstück in einer Aushöhlung die zu untersuchende Krystallplatte mit Paraffin befestigt, sodaß die auszulösende Fläche etwa $\frac{1}{2}$ mm über die Paraffinoberfläche hinausragt. Das Glasrohr ist mit einer Mariotte'schen Flasche verbunden, welche das Lösungsmittel, hier eine etwas untersättigte Kochsalzlösung,

enthält. Die Ausflußgeschwindigkeit kann sehr bequem geregelt werden, und man kann den Auflösungsvorgang unter stets gleichen Convectionsbedingungen vor sich gehen lassen. Man läßt die Flüssigkeit während eines bestimmten Zeitintervalles durch das Glasrohr ausfließen und bestimmt die gelöste Kochsalzmenge, indem man die getrocknete und gereinigte Krystallplatte vor und nach dem Versuche wägt. Da der vordere Teil des Krystalls durch Wirbelbewegung im Flüssigkeitsstrom stärker in Anspruch genommen wird, so wurde vor der zu untersuchenden Krystallplatte eine ähnliche, als »Schutzkrystall« wirkende Platte eingesetzt. Es ergab sich für die Würfelfläche: $v = 0{,}00460$, für die Rhombendodekaëderfläche: $v = 0{,}00468$, für die Oktaëderfläche: $v = 0{,}00469$, wo $v = \frac{\Delta x}{F \cdot dt}$. (Vergl. diese Zeitschr. **43**, 443, Körbs.)

Die Untersuchung wird an Krystallen anderer Substanzen weitergeführt. (Vergl. Anzg. d. Akad. d. Wiss. in Krak. 1910.)

Ref.: St. Kreutz.

**7. K. Zimányi** (in Budapest): **Über ein Aluminiumphosphat von Vashegy im Comitate Gömör** (Mathem. és természettud. Értesitő **1908**, **26**, 72—76 ungarisch).

Das grüne Mineral stammt aus einem Eisensteinlager aus ca. 35 m Tiefe vom Tage; es war in dem graphitischen Schiefer des Hangenden regellos eingebettet, dessen Klüfte und Spalten es ausfüllt; wo die Ausfüllung nicht vollkommen war, bildet es 1—3 mm dicke Überzüge von kleinkugeliger Oberfläche.

Die Farbe ist lichtapfelgrün, manche Kügelchen sind bläulichgrau mit einem Stich ins Grüne. Strich weiß, Härte 4—5. Die Bruchfläche ist uneben und glanzlos, die Oberfläche der Kügelchen zeigt schwachen Wachsglanz. Dünne Splitter des Minerals sind kantendurchscheinend.

Die Textur erscheint mit bloßem Auge oder einfacher Lupe betrachtet dicht; im Dünnschliffe bei stärkerer Vergrößerung sieht man ein beinahe farbloses, kleinkörniges Aggregat, in welchen concentrisch-schalige Kügelchen eingebettet sind. Die einzelnen Körner erscheinen länglich und sind doppeltbrechend; die Polarisationsfarben sind blaßgrün und rot, sie sind an den concentrischen Schalen lebhafter. Die schalige Structur erkennt man an der Peripherie der Kügelchen deutlicher. Die Hauptmasse des Dünnschliffes bildet ein feinkörniges Aggregat, in welchem zerstreut gelblichgrüne, kaum durchsichtige Teile mit unregelmäßigen Umrissen eingebettet sind.

In der Bunsenflamme schmilzt und decrepitiert das Mineral nicht, es wird aber gelblichrosa; qualitativ besteht es aus Thonerde, Phosphorsäure und Wasser; die Boraxperle wird in beiden Flammen blaß smaragdgrün gefärbt. Im Glasröhrchen erhitzt, gibt das Mineral sauer reagierendes Wasser ab. In Salzsäure oder starker Kalilauge ist es nicht bloß als Pulver, sondern auch in kleinen Stückchen löslich.

Die physikalischen Eigenschaften, mikroskopische Structur und Flammenreactionen stimmen mit denjenigen des Variscites überein. J. Loczka führte mit dem sorgfältig ausgewählten Material die vollständige chemische Analyse aus, deren Resultat zur empirischen Formel $Al_2O_3$, $P_2O_5 + 5H_2O$ führte, welche von der des Variscits insofern differiert, daß dieselbe um ein Molekül mehr Wasser enthält. Spec. Gewicht 2,431.

Die chemische Zusammensetzung ist folgende:

| | Gefunden: | Berechnet: |
|---|---|---|
| $Al_2O_3$ | 28,83 | 30,58 |
| $Fe_2O_3$ | 2,27 | — |
| $FeO$ | 0,16 | — |
| $Cr_2O_3$ | 0,73 | — |
| $CuO$ | 0,09 | — |
| $CaO$ | 0,22 | — |
| $MgO$ | 0,10 | — |
| $Na_2O$ | 0,07 | — |
| $K_2O$ | 0,12 | — |
| $P_2O_5$ | 41,98 | 42,49 |
| $H_2O$ | 25,98[1]) | 26,93 |
| Unlösl. Rückstand | 0,26 | — |
| | 100,81 | 100,00 |

Zum Vergleiche sind die verschiedenen Variscitanalysen und die des Kallaïts (Callais Damour's) angeführt. Ref.: K. Zimányi.

8. G. Flink (in Stockholm): **Beiträge zur Mineralogie Schwedens** (Arkiv för Kemi, Min. ock Geol. 1908, 3, Nr. 11, 1—80).

Diese Abhandlung ist der erste Teil einer systematisch geordneten Beschreibung schwedischer Mineralien, die als Resultat aus den Vorarbeiten zu einem vollständigen Handbuche über die Mineralogie Schwedens hervorgegangen ist. Der vorliegende Teil behandelt Elemente und Sulfide[2]).

1. Schwefel findet sich in Hohlräumen in Quarz, zusammen mit verwittertem Schwefelkies, zu Gunilstorp im Kirchspiel Åsenhöga, Småland. Der Schwefel bildet sehr kleine (0,2—0,5 mm) unvollkommene Krystalle mit der Combination[3]): {111}, {110}, {115}, {011} und {113}.

2. Gold. Dieses Mineral kommt in wenigen Stücken von Nordmark krystalliert vor, zusammen mit Pyroxen, Galenobismutit und Kalkspat. Wohlausgebildet ist nur ein Krystall von einer Größe von ungefähr 2 mm, Combination: {110} und {100}; die Rhombendodekaëderflächen sind parallel der Kante (110):(100) gestreift.

3. Kupfer findet sich krystallisiert in körnigem Kalk von Hesselkulla im Kirchspiel Vinteråsa, Nerike. Die Krystalle sind meistens einfach, von {110}, {111} und {100} begrenzt, und dann gewöhnlich nach einer Hauptaxe verlängert, sodaß sie tetragonal aussehen; der größte Krystall (12 mm) ist ein Zwilling nach {111} und ungewöhnlich ausgebildet, teils durch charakteristisches Fehlen von gewissen Flächen, teils dadurch, daß einige von den Rhombendodekaëderflächen gestreift sind, die anderen nicht. Ein anderer Zwillingskrystall ist dadurch merkwürdig, daß er nur aus einer dünnen Außenschicht von Kupfer besteht, während das ganze Innere mit Quarz ausgefüllt ist.

---

1) Bei einer zweiten Bestimmung, zu welcher die Probe von den Rändern nahe zum Schiefer genommen wurde, wo die Farbe grünlichweiß war und das Mineral an der Zunge klebt, betrug die Menge des Wassers 25,51%.

2) Im folgenden Referate werden nur diejenigen Localitäten, über welche neue Beobachtungen gemacht worden sind, erwähnt.

3) Hier und im folgenden sind die Flächen nach ihrer Bedeutung geordnet.

4. Silberamalgam ist schon in älterer Zeit oftmals in der Sala-Grube gefunden worden, doch sind im ganzen nur noch vier Krystalle übrig; der größte von diesen ist 8 mm im Durchmesser; das spec. Gewicht ist 14,26—14,52. Combination: {211}, {110}, {321}, {100} und {310}; die Flächen von {100} und {211} haben einen sehr starken Überzug von Quecksilber, diejenigen von {110} dagegen nicht. Wenn die Krystalle vom Quecksilber gereinigt worden sind und darnach irgend einen Stoß erleiden, bedecken sie sich von neuem mit dem Metall, das wahrscheinlich aus dem Inneren der Krystalle hervordringt.

5. Blei wird in Pajsberg und Långbanshyttan in einander ganz ähnlichen Stücken gefunden; am letztgenannten Orte wurden i. J. 1904 zusammenhängende Massen mit einem Gewicht von bis zu 10 kg gefunden. Das Blei findet sich hier teils eingewachsen in Schwerspat und Kalkspat, teils in Hohlräumen zusammen mit Schwerspat, Pyrochroit, Manganit, Hausmannit usw. In diesem Falle ist es deutlich krystallisiert und die Krystalle sind bisweilen recht groß (ca. 4 cm), von {100} und {111} begrenzt, mit weniger gut ausgebildeten Flächen, die meistens mit einer Kruste von kleinen hexagonalen Krystallen, vielleicht aus Svabit bestehend, bedeckt sind. Kleinere Krystalle können besser ausgebildet sein mit {111}, {100} und {110}. Bei Jakobsberg unweit Nordmarken wird das Mineral in unregelmäßig geformten Massen in Kalkstein gefunden.

6. Bleiglanz findet sich in den Gruben von Nordmark derb und krystallisiert, zusammen mit Zinkblende, Kupfer- und Schwefelkies, sowie Magnetkies. Die Krystalle sind meistens klein (1—2 mm) und von {100}, {111} und {110} begrenzt. In der Ko-(Kuln-)Grube (eine der Grube von Nordmark) finden sich größere Krystalle (bis 2 cm) mit {111} und {100}; die Oktaëderkanten sind mit einspringenden Rinnen versehen, wie es oft beim Diamant der Fall ist. In den Gruben von Nordmark findet man bisweilen Zinkblende und Bleiglanz miteinander verwachsen mit gemeinschaftlichen Tetraëder-(Oktaëder-)flächen.

7. Zinkblende. In Nordmark finden sich zwei Varietäten, die eine schwarz und die andere farblos. Die schwarzen Krystalle sind bis 5 cm groß und sind von {111} begrenzt, dessen Flächen blank sind, bisweilen kommen $\{1\bar{1}1\}$ und {100}, seltener {211} und $\{2\bar{1}1\}$ vor; die Krystalle sind in einigen Fällen ganz verzerrt. Die farblosen Krystalle sind früher von Krenner[1]) beschrieben worden; sie kommen mit Bleiglanz, Jakobsit, Kalkspat, Synadelphit, Retzian und Schwerspat zusammen vor, sind aber im ganzen recht selten. Die Größe ist nur $\frac{1}{2}$—3 mm; die Combination ist: $\{1\bar{1}1\}$, {111}, {110} und {100}. Das stark überwiegende negative Tetraëder (mit kochender Salzsäure bestimmt) ist weniger glänzend als das positive; oft sind die Krystalle so ausgebildet, daß sie von vier Flächen von $\{1\bar{1}1\}$ und einer Fläche von {111} begrenzt sind, wozu dann bisweilen die anderen Flächen von {111} und die Rhombendodekaëderflächen kommen, die letzten meistens als Combinationsstreifen ausgebildet. Diese Krystalle können mitunter auch ganz abgerundet sein, sodaß nur zwei entgegengesetzte Tetraëderflächen übrig bleiben; bisweilen kommen Zwillinge vor. Ein Übergang zwischen beiden Typen bilden einige seltene, oktaëdrisch ausgebildete, oft verzwillingte Krystalle.

8. Wurtzit kommt in Nordmark zusammen mit Magnetkies, Kupferkies, Bleiglanz und Titanit vor. Die Krystalle sind bis 6 mm lang. Die Basisflächen, auch die angespaltenen, sind nach oben convex; die Combination ist: $\{10\bar{1}0\}$,

1) Ref. diese Zeitschr. 1890, **17**, 516.

$\{0001\}$ und $\{70\bar{7}\bar{4}\}$, welches nur als Streifung auf den Prismenflächen vorhanden ist; die Form ist neu und durch folgende Messung bestimmt:

| | Berechnet: |
|---|---|
| $(70\bar{7}\bar{4}) : (000\bar{1}) = 58^0\,44'$ | $58^0\,49'$. |

Die Farbe ist schwarz mit aschgrauem Strich.

Das Mineral ist auch in Hohlräumen im Gneiß von Bersbo in Östergötland gefunden worden; die Krystalle sind etwas keulenförmig mit der Spitze nach unten; $\{0001\}$ ist glänzend und wohlausgebildet, die anderen Flächen sind nicht bestimmt. Die Farbe ist dunkelbraun.

9. Magnetkies kommt bei Sala auf Kalkspatkrystallen in Gängen im Kalkstein vor. Die Krystalle, die bis 1 cm im Durchmesser sind, werden von $\{0001\}$ und $\{10\bar{1}0\}$ begrenzt; die Flächen sind glänzend, aber nicht ganz eben; der ganze Krystall ist oft rosettenförmig ausgebildet. Selten kommen Pyramidenflächen vor, die sich sehr schwierig bestimmen lassen; aus dem Winkel zu $\{0001\} =$ ca. $76^0$ erhält man die Form $\{40\bar{4}1\}$; die Flächen derselben sind meistens sehr stark angegriffen.

Auch in den Gruben von Nordmark findet man das Mineral in recht großen Massen; Krystalle sind selten und recht verschieden geformt. Die einfachste Combination ist $\{10\bar{1}0\}$ und $\{0001\}$; die Flächen sind uneben, die Prismenflächen auch horizontal gestreift. Ein anderer recht großer Krystall (2 cm), der teilweise ganz unregelmäßig abgerundet war, hatte die Combination $\{0001\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{20\bar{2}1\}$, $\{\bar{4}041\}$ und $\{10\bar{1}0\}$; die Winkelmessungen geben eine $c$-Axe, die etwas kürzer als die von Rose angegebene ist. Ein dritter Typus ist prismatisch ausgebildet mit sehr unebenen Flächen; einige kleinere Krystalle (bis 1 cm lang) sind von Flächen $\{0001\}$, $\{20\bar{2}1\}$, $\{40\bar{4}1\}$ und $\{20.0.\bar{2}0.1\}$ begrenzt. Oft sind die Krystalle merkwürdig ausgebildet; sie bestehen aus einem Hauptindividuum, das von mehreren kleineren, parasitisch angeordneten umgeben ist; das größere Individuum besitzt eine flache Pyramide, die vielleicht der noch nicht bekannten Form $\{10\bar{1}2\}$ angehört.

Auch bei Hesselkulla, Kirchspiel Vinteråsa in Nerike, hat man Magnetkieskrystalle gefunden in Form von dünnen Tafeln (bis 2 mm) auf Kalkspat.

10. Linneït. An der schon längst bekannten Localität, der Grube Görans bei Bastnäs, nahe bei Riddarhyttan, sind ganz wenige unvollkommen begrenzte Oktaëder gefunden worden, die in Bornit und Kupferkies, zusammen mit Strahlstein, eingewachsen waren. Der von Berzelius von dem Vorkommen Los im Kirchspiel Färila, Hälsingland, angegebene Linneït muß ganz sicher auch von Bastnäs herstammen. Dagegen kommt das Mineral in den Gruben von Gladhammar bei Vestervik in recht großen Massen vor; Krystalle sind selten, von oktaëdrischer Form und in Kupferkies eingewachsen oder in Hohlräumen auf Quarz sitzend. Das gewöhnlich grobkrystallinische Mineral zeigt schwache Spaltbarkeit nach $\{100\}$, in einem Falle auch Absonderung nach $\{111\}$.

11. Kupferkies wurde an den folgenden Localitäten krystallisiert gefunden: Västerås; von hier existiert ein Krystallfragment (3 cm) mit schlecht ausgebildeten Flächen von $\{111\}$, $\{1\bar{1}1\}$, $\{001\}$, $\{201\}$ und $\{101\}$. Von Nordmark rührt ein Stück her, in welchem der Kupferkies mit Zinkblende parallel verwachsen ist und auf diesem Mineral eine dünne äußere Schicht bildet. Bei Taberg in Värmland findet sich das Mineral in kleinen Krystallen (5 mm) in Hohlräumen, zusammen mit Kalkspat, Schwefelkies und Eisenglanz; Combination: $\{111\}$,

{201}, {001} und {1$\bar{1}$1}; Zwillingsbildung nach {101} durch die Streifung auf {111} sichtbar. Falun; Krystalle von hier sind außerordentlich selten und ganz unvollkommen ausgebildet; Combination: {111}, {201} und {1$\bar{1}$1}; die letzte Form ist recht glänzend. Die Grube von Insjö im Kirchspiel Ås, Dalarne; hier sind die Krystalle (bis 3 cm) in Chlorit eingewachsen, schlecht ausgebildet und schwer isolierbar; wahrscheinliche Combination: {111}, {201} und {110}. Bei Skottvång, Kirchspiel Gåsinge in Södermanland, sind ganz wenige, kleine (bis 2 mm) Krystalle gefunden worden; sie sind tafelförmig nach {001} und außerdem von {111} und {201} begrenzt; die Flächen sind alle stark gestreift und gekrümmt. Begleitmineralien sind Kalkspat und Apophyllit. Auf der Grube Wassviks, Kirchspiel Ånimskog in Dal, kommen drei verschiedene Typen von Krystallen vor. Der erste ist sphenoidisch mit {111} vorherrschend und außerdem {201}, {101} und {001}, bisweilen auch {1$\bar{1}$1} und vielleicht {114}; die Flächen von {111} sind gestreift in drei Richtungen, die anderen Formen sind ganz blank; Zwillinge nach {101}, oft regelmäßige Drillinge und Sechslinge; diese Krystalle kommen mit Quarz, Kalkspat, Flußspat und Bleiglanz vor. Der zweite Typus ist bipyramidal mit {201}, {101}, {001}, {111} und {110}. Der dritte Typus ist tafelförmig mit {001}, {110}, {111} und {1$\bar{1}$1}, die Basisflächen sind ganz matt; stets Durchkreuzungszwillinge nach {100}. Von der Grube Knolle im Kirchspiel Ånimskog stammen ebenfalls drei verschiedene Typen: 1) Combination: {001}, {114}, {110} und {201}; die drei ersten Formen sind stark gestreift parallel der gemeinschaftlichen Kante und teilweise gerundet; oft Zwillinge nach {100}. 2) Dünntafelförmig mit {001}, {110}, {114}, {221} und {201}; die Flächen sind nicht so gestreift wie bei 1), weniger glänzend und stark angelaufen; die Krystalle sind meistens in kleinen Kugeln aus Bergpech eingewachsen und finden sich zusammen mit Quarz, Eisenspat und Flußspat. 3) Sphenoidisch ausgebildet, mit {111}, {201}, {101}, {110}, {1$\bar{1}$1}, {001}, {115} und {112}; Drillinge und Sechslinge nach {101}. Åtvidaberg im Kirchspiel Åtved, Östergötland; in der Haggrube Krystalle in Hohlräumen in Quarz, oft mit Kalkspat zusammen; meistens ganz undeutlich ausgebildet, bisweilen mit {111}, {201} und {1$\bar{1}$1}; die {111}-Flächen sind gestreift parallel der Kante (111):(201), die anderen Flächen sind blank; einzelne Zwillinge nach {101}. In der Mormors-(Großmutter-)Grube Krystalle mit {111} und {1$\bar{1}$1}, bisweilen auch mit {201}, {001} und {114}; die Flächen im ersten Falle gestreift, im letzteren recht gut ausgebildet. Andere Krystalle haben die Formen {111}, {114}, {1$\bar{1}$1}, {001} und {201} mit wohlausgebildeten Flächen; ein dritter Typus hat ungefähr dieselbe Form, dazu noch {332}; bisweilen Zwillinge nach {111}. Die Grube von Malmvik enthält viele verschiedene Formen von Krystallen; einige sind tafelförmig mit {001}, {201} und {110}, alle Flächen sind gestreift; andere haben noch dazu {114}, {101} und {111}. Einige Krystalle sind nur von {111} und {1$\bar{1}$1} begrenzt, wozu dann bisweilen noch {201} und {100} hinzutreten; andere Krystalle haben zwei nicht genau bestimmbare Skalenoëder, von welchem das eine vielleicht {717} ist. Zwillingsbildung nach {111}, in welchem Falle meistens diese Fläche auch Verwachsungsfläche ist; dann sind die Zwillinge keine Symmetriezwillinge, da {111} des einen Krystalls mit {1$\bar{1}$1} des anderen verwachsen ist; eine andere Form der Zwillinge wird hervorgebracht, wenn die Verwachsungsfläche senkrecht zur Zone (111):(201) steht, in welchem Falle die Zwillinge symmetrisch zu einander sind. Es kommen auch Zwillinge nach dem noch nicht bekannten Gesetze vor: Zwillingsebene {112}; die Krystalle sind nur von {001} und {201}

begrenzt; die Flächen von {201} beider Individuen sollten miteinander ausspringende Winkel von 1° 12′ bilden, was sich jedoch nicht durch Messung constatieren läßt; daß nicht eine Zwillingsbildung nach {111} mit Begrenzungsebene senkrecht zur Zone (111) : (201) vorliegt, schließt der Verf. daraus, daß die beiden Individuen nicht zueinander symmetrisch sind. [Der Ref. sieht nicht ein, warum diese Symmetrie für die betreffende Zwillingsbildung notwendig sein sollte, wenn sie auch in anderen Fällen vorhanden ist.] Das Mineral von der Malmviksgrube findet sich in Hohlräumen im Gneiß, zusammen mit Quarz, Kalkspat und bisweilen Feldspat. In der Grube Bersbo im Kirchspiel Verna findet sich krystallisierter Kupferkies mit Bergkrystall und Kalkspat in Quarz; die Krystalle sind klein (ca. 2 mm) mit den Formen: {001}, {201} und {110}; die Flächen sind uneben; oft kommen Zwillinge nach {101} und {112} vor. Gleichfalls in Quarz zusammen mit Kalkspat kommen von der Grube Smörum im Kirchspiel Loftahammar, Småland, tafelförmige Krystalle mit {001}, {201}, {101}, {111} und {1$\bar{1}$1} vor. In den Gruben von Gladhammar findet man Kupferkieskrystalle auf Quarzstücken, die ringsum mit Quarzkrystallen bekleidet sind, und lose im Schlamm gelegen haben. Die Krystalle sind recht groß (bis 1 cm) und bisweilen nur von {111}, {1$\bar{1}$1} und {100} begrenzt; die Flächen von {111} und {100} sind horizontal gestreift, diejenigen von {1$\bar{1}$1} recht uneben, die Polkanten sind abgerundet. Gewöhnlicher ist die Combination: {111}, {1$\bar{1}$1}, {201} und {001}, die Flächen von {111} sind vertical gestreift; die meisten Krystalle sind Zwillinge nach {111}. Selten sind tafelförmige Krystalle mit {001}, {201} und {110}, vielleicht auch {441}; diese sind meist Zwillinge nach {112}. In der Grube Skålö, Kirchspiel Vestrum, kommen kleine tafelförmige Krystalle ohne deutliche Randbegrenzung vor.

Aus einer Tabelle über die Krystallformen des Kupferkieses von sämtlichen schwedischen Fundorten sieht man, daß in 22 Krystalltypen von 13 verschiedenen Vorkommen sich die Form {001} 16mal, {100} 2, {110} 9, {101} 6, {201} 19, {115} 1, {114} 5, {112} 1, {111} 18, {332} 1, {221} 1 und {1$\bar{1}$1} 13mal findet.

12. Schwefelkies kommt in Schweden so gewöhnlich krystallisiert vor, daß nur die ausgezeichneteren Vorkommnisse erwähnt werden können. Norfjäll: oktaëdrische Krystalle mit kleinen Flächen von {100} und {210}, zusammen mit Epidot, Kupferkies und Quarz. Dannemora: recht große Würfel mit sehr kleinen Oktaëderflächen in Hälleflint. Bei Sala ist das Mineral recht selten, doch kommen verschiedene Formen vor, teils reine Würfel, teils {210} mit {111} und {100}, in einem Falle auch mit {421} und {211}. Riddarhyttan: 2 cm große, glänzende Oktaëder in Magnetkies, Kupferkies oder Magnetit; auch Concretionen mit Krystallen ({100} und {111}) auf der Oberfläche. Bei Håkansboda kommen große (bis 1 dm) Krystallstöcke aus hypoparallelen Würfeln mit sehr unebenen Flächen vor. Skrikeberg-Grube, Kirchspiel Nora: centimetergroße Krystalle mit {210}, {111}, {321} und {100}. In der Hästsko-Grube bei Persberg kommen große (bis 4 cm) Krystalle in Hohlräumen in Magnetit vor. Combination: {210}, {111}, {421} und {100}, bisweilen auch {310}. Von der Jord-Grube bei Persberg sind einige kleine Krystalle von {111} und {100} begrenzt. Grängesberg: eine Gruppe von 2—3 cm großen Krystallen ({100} und {111}). Bei Falun findet man selten Krystalle, meist Würfel. Bei Bäsinge im Kirchspiel Folkerna kommen oktaëdrische Krystalle, bisweilen mit {210}, {310}, {421} und {321} vor. Björnbergs-Grube im Kirchspiel Leksand: Würfel mit {210} in Tonschiefer. Dylta im Kirchspiel Axberg: Krystalle

mit {100} und {111}. Klefva im Kirchspiel Alsheda: sehr große (bis 1 dm) oktaëdrische Krystalle in Magnetkies. Ädelfors ebenda liefert nur körnigen Schwefelkies. Von Gellivare rührt nur ein Krystall her; Combination: {210}, {100}, {111}, {522}, {211} und {321}; die Flächen von {210}, {100} und {111} sind stark glänzend, die Ikositetraëderflächen recht matt. Junosuando im Kirchspiel Juckasjärvi; von hier kennt man auch nur ein Stück mit zahlreichen Krystallen in Kalkspat oder Chlorit eingewachsen. Hauptsächlich {210}, bisweilen mit {100}, {310}, {110}, {450}, {111}, {511}, {411}, {522}, {211} und {221}.

13. Speiskobalt. Dieses Mineral kommt vielleicht auf Stufen von Riddarhyttan vor; doch läßt es sich nicht sicher bestimmen, was auch mit den Stücken von Gümhöjden in Värmland der Fall ist. Bei Ålberga in Södermanland findet man das Mineral in Gneiß oder Dolomit; die Krystalle sind bis 6 mm groß, von {100} und {111} begrenzt; in einem Falle kommt auch {110} vor; die Flächen sind sehr gut ausgebildet. Das spec. Gewicht ist 6,43. Zusammen mit dem Speiskobalt kommt auch ein arsenkiesähnliches Mineral vor. Das in den Handbüchern als Speiskobalt angegebene Mineral von Tunaberg, die die Mitte der Kobaltglanzkrystalle einnimmt, ist Safflorit. Ein Mineral, das bei Los im Kirchspiel Färila zusammen mit Kupferkies, Schwefelkies, Wismutglanz und Wismut vorkommt, ist nicht sicher als Speiskobalt bestimmbar.

14. Kobaltglanz kommt bei Riddarhyttan zusammen mit Kupferkies, Magnetkies und Magneteisen in Quarzit krystallisiert vor; die Krystalle sind bis 2 cm groß mit den Formen {210} und {111} mit unebenen Flächen und gerundeten Kanten. Bei Håkansboda sind sehr große (bis 6,5 cm) Krystalle gefunden worden; Combination: {210}, {100} und {111}; die Flächen sind mit kleinen, unregelmäßigen Erhöhungen bedeckt. Andere Krystalle sind kleiner und nur von {100} und {210} begrenzt. In der Hålbäcksgrube findet sich körniger Kobaltglanz, bisweilen mit Chlorit oder Wismut zusammen; kleine (bis 2 mm) Krystalle kommen vor; die Formen sind {100}, {111} und {210}. Die Krystalle von den Nordmarks-Gruben sind früher vom Verfasser beschrieben worden[1]); nachher sind größere Krystalle (bis 1 cm) gefunden worden, die von {111}, {100} und {210} begrenzt und merkwürdig verzerrt sind. Die bekannten großen (bis 35 mm) und prachtvollen Krystalle von Tunaberg sind vom Verfasser neu untersucht worden; trotz sorgfältiger Durchsicht von mehreren Tausenden Krystallen wurden nur die drei gewöhnlichen Formen {100}, {210} und {111} gefunden; von diesen sind meistens die zwei ersten, seltener das Oktaëder vorherrschend. Die Oktaëderflächen sind oft sehr charakteristischerweise in der Mitte vertieft und im Umkreis wie mit einem Ringwall versehen. Nur einige ganz kleine, in Kalkspat eingewachsene Krystalle besaßen auch die Form {321}. Mehrere andere Formen sind dagegen von früheren Autoren angegeben worden. Nur ein Zwilling von dem bei Schwefelkies recht gewöhnlichen Typus, Pentagondodekaëderdurchkreuzung, wurde gefunden. Bei Vena kommen meistens ganz kleine Krystalle mit den gewöhnlichen Flächen vor. Bei Gladhammar kommt das Mineral körnig und in kleinen oktaëdrischen Krystallen vor.

15. Markasit ist in Schweden nicht gewöhnlich und meistens nicht sicher bestimmbar. Bei Tunaberg kleine (kaum 1 mm) Krystalle zusammen mit

1) Bih. Vet. Ak. Handl. 1886, **12**, 5.

Kalkspat und Zinkblende; Combination {110} und {013}. Von Fräkenkärn, Kirchspiel Färila, stammt ein Stück mit Schwefelkies- und Markasitkrystallen; diese sind bis 1 cm groß und von den Formen {110}, {111}, {011} und {013} begrenzt; die beiden letzten sind horizontal gestreift; Zwillingsbildung nach {110} oft wiederholt.

16. Arsenkies findet sich bei Dannemora in Kungsgrufvan (der Königsgrube) körnig und krystallisiert in Kalkspat oder Chlorit eingewachsen und von Bleiglanz begleitet. Die Krystalle sind oft langprismatisch mit {110}, {001} und {101}, oft kommt die Combination {110}, {013}, oft diejenige {110}, {101} vor. Ein vierter, complicierterer Typus hat die Combination {110}, {101}, {014} und {011}. In Jungfrugrufvan (der Jungfraugrube) finden sich Krystalle mit {110} und {012} in Kalkspat eingewachsen. Die Krystalle von Sala sind früher beschrieben worden[1]); sie kommen in vielen verschiedenen Typen vor; von der Grube »Bergmästareorten« sind einige in Kalkspat eingewachsen, langprismatisch von {110} und {010} begrenzt, andere zeigen die Formen {110}, {012} und {011}, sind oft nach der *c*-Axe langgestreckt und bilden gewöhnlich Zwillinge nach {110} und nach {101}, in letztem Falle auch oft geschlossene Drillinge. Von der Grube »Latorten« stammen nadelförmige Krystalle in Hälleflint, von {110} und {011} begrenzt, die Durchkreuzungszwillinge nach {110} sind analog den bekannten Roctourné-Zwillingen bei Albit und ebenso auf den Seiten mit tiefen Rinnen versehen. In der Grube »Gref Bjelkes ort öfver Juthyllan« kommen die Krystalle mit Kalkspat und Zinkblende vor; Combination {110}, {012}, {011} und die sehr seltene Form {032}. Kallmora im Kirchspiel Norberg: Der Arsenkies bildet hier zusammen mit Bleiglanz, Kupferkies und Bergpech faustgroße Massen; auch finden sich Krystalle in Quarzit, die nach einem Flächenpaare von {110} tafelförmig und Durchkreuzungszwillinge wie diejenigen von Sala sind. Von Riddarhyttan stammt ein Stück mit körnigem Arsen- und Schwefelkies. Håkansboda: der Arsenkies findet sich krystallisiert auf Spalten im Quarzit; die Krystalle sind nach der *a*-Axe verlängert und von {011}, {012} und {110} begrenzt. In der Koberg-Grube kommt das Mineral mit Zinkblende, Bleiglanz, Spinell, Chondrodit usw. zusammen in körnigem Kalkstein vor; bisweilen ist es krystallisiert mit den Flächen {110}, {012}, {011} und {101}. Von den Nordmarkgruben stammen einige ganz unvollkommene Krystalle, wahrscheinlich von {110} und {010} begrenzt. Von Nisshyttan stammen einige unvollkommene Krystalle mit {110}, {012} und {011}; andere sind etwas kobalthaltig, langprismatisch, mit den Formen {110} und {012}. Auf Utö findet sich das Mineral in drei verschiedenen Vorkommen: 1) In Pegmatit, aus Petalit, Spodumen und Lepidolith bestehend, sind die Krystalle nur von {110}, {011} und {021} begrenzt. 2) Die in Kalkspat eingewachsenen Krystalle sind teils nadelförmig mit den Flächen {110}, {101}, {012}, {011} und {021}, teils mehr isodiametrisch mit {110}, {012}, {011} und {021}. 3) In »Hornblendeskarn« kommen nach der *a*-Axe nadelförmige Krystalle mit den Formen {011}, {110} und seltener {012} vor. Bei Vena finden sich im Gneiß oder Glimmerschiefer u. a. recht flächenreiche Krystalle mit den Formen {110}, {011}, {021}, {212} und {111}, Zwillinge nach {101} und {110}. In der Eisengrube von Högberg kommt der Arsenkies im Kalkstein zusammen mit Glimmer, Kupferkies und Magnetkies vor; die Krystalle zeigen die Combination {110}, {011}, {101}, {111} und {021}; die Flächen sind sehr gut ausgebildet, und aus den Winkeln

1) Diese Zeitschr. 1883, **7**, 340 und 1892, **20**, 14.

$(110):(1\bar{1}0) = 68^0 8'$ und $(011):(0\bar{1}1) = 100^0$ läßt sich das Axenverhältnis $a:b:c = 0{,}6762:1:1{,}1917$ berechnen.

17. Safflorit findet sich bei Tunaberg und wurde früher für Speiskobalt gehalten; er kommt in Kalkstein zusammen mit Kobaltglanz und teilweise in diesem Mineral eingeschlossen vor. Wird der Kalkstein in Säure gelöst, so erhält man als Rückstand viele verschiedene Mineralien, zwischen welchen auch Krystalle (1—10 mm) aus Safflorit gefunden werden; sie sind recht unvollständig ausgebildet, die Flächen sind jedoch gut. Wenn die Krystalle in Analogie mit denjenigen des Arsenkies aufgestellt werden, erhält man die Formen {110}, {011}, {001}, {101} und {013}, die durch die folgenden Messungen bestimmt worden sind:

| | | Berechnet: |
|---|---|---|
| $(110):(1\bar{1}0)$ | = *61°10′ | — |
| $(011):(0\bar{1}1)$ | = *97 56 | — |
| $(001):(011)$ | = 48 53 | 48°58′ |
| $(012):(001)$ | = 29 46 | 29 53 |
| $(101):(001)$ | = 62 51 | 62 47 |

Hieraus ergibt sich das Axenverhältnis:

$$a:b:c = 0{,}59101:1:1{,}149.$$

Gewöhnlich kommen nur die Formen {110} und {011} vor; die Krystalle sind skelettartig ausgebildet und schwammartig durchlöchert. Das angeführte Axenverhältnis weicht von denjenigen der anderen Glieder der Markasitreihe sehr stark ab, namentlich ist der Prismenwinkel $(110):(1\bar{1}0)$ um $6^0 23\frac{1}{2}'$ kleiner als bei Löllingit und um $13^0 45'$ kleiner als bei Markasit. Für den Safflorit von Nordmarken hat Sjögren das Axenverhältnis $a:b:c = 0{,}5685:1:1{,}118$ gefunden, also von dem obigen ziemlich abweichend.

18. Glaukodot. Bei Håkansboda kommen die bekannten großen und wohlausgebildeten Krystalle von diesem Mineral vor; die Größe ist von 1 bis 2 cm. Die Flächen sind blank, aber nicht sehr eben, teilweise gestreift und gebogen und teilweise facettiert; die Winkelmessungen können also um ein paar Grade voneinander abweichen. Aus den Winkeln $(110):(1\bar{1}0) = 68^0 9'$ und $(012):(0\bar{1}2) = 61^0 38'$ ist das Axenverhältnis berechnet:

$$a:b:c = 0{,}6764:1:1{,}193.$$

Es sind keine neuen Formen gefunden worden. Die Krystalle sind sehr verschiedenartig ausgebildet; die einfachsten besitzen nur die Flächen {110} und {011}, dazu kommt noch {012} und seltener {021}; recht gewöhnlich ist auch {100}, dessen Flächen vertical gestreift sind, während die Flächen von {012} und {011} horizontal gestreift und diejenigen von {021} ganz matt sind. Bisweilen kommen die Formen {101}, {212} und {111} vor, die stets ganz uneben und abgerundet sind. Zwillinge sind gewöhnlicher als einfache Krystalle, die Zwillingsebene ist entweder {101} oder {110}. Die Zwillinge nach {110} sind von {110} und {011} begrenzt und besitzen oft eine große Ähnlichkeit mit Oktaëderzwillingen; meistens nimmt jedoch das eine Individuum nur das eine Viertel des ganzen Complexes ein. Die Zwillinge nach {101} sind meistens Durchkreuzungszwillinge, entweder aus zwei langprismatischen oder zwei oktaëdrisch geformten Individuen bestehend, die von {110} und {011} begrenzt sind; sehr selten kommen sie als regelmäßige Sechslinge nur von {011} begrenzt vor.

Die Glaukodotkrystalle von Håkansboda sind in Kupferkies, Magnetkies oder Schwefelkies eingewachsen. Beim Losschlagen der Krystalle zerspringen sie meistens. Ref.: O. B. Böggild.

**9. O. B. Böggild** (in Kopenhagen): **Über Gyrolith von Grönland** (Meddelelser om Grönland 1908, 34, 91—114).

Unter den grönländischen Gyrolithen zeichnet sich derjenige von Niakornat in so vielen Beziehungen vor den andern aus, daß er zuerst für sich behandelt wird. Über das Vorkommen wissen wir nur so viel, als von Giesecke in seinem Tagebuch geschrieben ist; das Mineral kommt in Hohlräumen in basaltischer Breccie vor; es ist von Mesolith und Apophyllit begleitet. Der Mesolith ist das älteste Mineral, der Apophyllit das jüngere. Der Gyrolith findet sich in radial angeordneten, blätterigen Massen; die einzelnen Blätter haben einen Durchmesser von $\frac{1}{2}$ bis 2 cm. In einigen Hohlräumen finden sich auch Krystalle, die meistens nicht sehr gut ausgebildet sind; doch sind die besten einigermaßen meßbar. Die Krystallform ist rhomboëdrisch (wie man aus den Ätzfiguren sieht, auch tetartoëdrisch). Combination: $\{0001\}$, $\{10\bar{1}1\}$ und $\{10\bar{1}2\}$. Die folgenden Winkel sind gemessen worden:

| | | Zahl d. Mess.: | Berechnet: |
|---|---|---|---|
| $(10\bar{1}1):(0001)$ | = *65°54′ (64°19′— 67°23′) | 5 | — |
| $(10\bar{1}2):(0001)$ | = 48 3 (47 25 — 48 42) | 3 | 48°11′ |
| $(10\bar{1}1):(01\bar{1}\bar{1})$ | = 75 58 — | 1 | 75 32 |

Hieraus folgt das Axenverhältnis:

$$c = 1{,}9360.$$

Die Flächen sind recht glänzend, aber sehr gekrümmt, daher die stark divergierenden Werte. Ätzfiguren werden in wenigen Secunden mit kalter Flußsäure oder heißer Salzsäure hervorgebracht; sie sind scharf dreieckig und auf den gegenüberliegenden Basisflächen entgegengesetzt gerichtet; die Seiten der Dreiecke sind nicht parallel mit den Kanten zwischen Basis und Rhomboëder, sondern sind um 10° schief gestellt, woraus hervorgeht, daß die Krystalle in der rhomboëdrischen Klasse krystallisieren.

Die Spaltbarkeit nach der Basis ist sehr vollkommen; die Spaltblätter sind unelastisch und spröde, während diejenigen von den anderen Localitäten biegsamer sind. Eine sechsstrahlige Schlagfigur kann leicht hervorgebracht werden. Die Basis hat starken Perlmutterglanz; die Farbe ist graulich oder weiß; die Krystalle sind selten vollkommen durchsichtig, sondern meistens mit mikroskopisch kleinen, unregelmäßig verlaufenden, linienförmigen Einschlüssen gefüllt. Das spec. Gewicht ist bei der reinen Substanz 2,578, bei der mehr undurchsichtigen sinkt es bis zu 2,463.

Die Doppelbrechung ist negativ; die Brechungsexponenten sind:

$$\omega = 1{,}5645,$$
$$\varepsilon = 1{,}5590.$$

Die chemische Zusammensetzung des reinen Materials ist nach einer Analyse von Chr. Christensen:

| | | Theor. I. | Theor. II. |
|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 54,83 | 56,42 | 55,28 |
| $Al_2O_3$ | 4,58 | — | 4,56 |
| $CaO$ | 31,15 | 35,11 | 31,06 |
| $Na_2O$ | 1,74 | — | — |
| $H_2O$ | 8,14 | 8,47 | 9,10. |

Von dem Wasser wird 2,45 % bei 100° ausgetrieben. Der theoretische Wert II. ist berechnet für eine Mischung von 11,55 % Kaolin und 88,45 % Gyrolith aus der Zusammensetzung $3SiO_2$, $2CaO$, $1\frac{1}{2}H_2O$; doch ist die Existenz von so viel Kaolin in den Krystallen nicht wahrscheinlich; der erste Wert ist für die Zusammensetzung $3SiO_2$, $2CaO$, $1\frac{1}{2}H_2O$ allein ausgerechnet; in diesem Falle ist dann etwas von dem $CaO$ durch $Al_2O_3$ oder $Na_2O$ ersetzt. Das halbe Molekül Wasser gehört vielleicht nicht zur Formel, da es bei 100° fortgeht.

Vor dem Lötrohr blättert sich das Mineral auf und schmilzt ziemlich leicht zu einem weißen Email.

In den Sammlungen des Museums in Kopenhagen ist das Mineral von den folgenden andern grönländischen Localitäten vorhanden: 1) Iglorsuit auf Ubekendt Eiland, Umanak-District; in Hohlräumen zusammen mit zuerst gebildetem Saponit und späterem Apophyllit; der Gyrolith bildet eine Schicht aus $\frac{1}{2}$ bis 2 cm Dicke und besteht aus blätterigen, gekrümmten Massen; das spec. Gewicht ist 2,446. 2) Nusak auf der Halbinsel Nugsuak; in Hohlräumen in einer Breccie finden sich Skolezit, Gyrolith und Quarz in der genannten Reihenfolge; der Gyrolith ist demjenigen von der vorigen Localität sehr ähnlich; das spec. Gewicht ist 2,412. 3) Niakornarsuk, nahe bei der vorigen Localität; hier finden sich 1. Thomsonit, 2. Gyrolith oder Saponit und 3. Apophyllit; der Gyrolith ist sehr unrein; das spec. Gewicht ist 2,383. 4) Iganek auf Disko. Hier ist die Reihenfolge wie bei der vorigen Localität; doch finden sich auch kleine Krystalle auf Kalkspat; das spec. Gewicht von dem Gyrolith ist 2,387. 5) Vom Ritenbenk-District ohne nähere Fundortsangabe stammt ein Stück, an welchem sich die folgenden Mineralien finden: Saponit, Thomsonit ?, ein feinkörniges schneeweißes Mineral, Gyrolith und zuletzt Kalkspat. Die Gyrolithkrystalle sind teilweise frei ausgebildet, doch ohne deutliche Flächen; das spec. Gewicht ist 2,383. 6) Ivnarsuit und Karartut auf Disko; hier ist Natrolith das älteste Mineral, dann kommt der Gyrolith und zuletzt der Apophyllit; der Gyrolith ist sehr rein, das spec. Gewicht 2,418. 7) Karusuit im Disco-Fjord; die Mineralfolge ist: Mesolith ?, Gyrolith und bisweilen Apophyllit; der Gyrolith hat bisweilen frei ausgebildete Krystalle, deren Flächen, namentlich diejenigen von $\{0001\}$, sehr gekrümmt sind; außerdem findet sich nur $\{10\bar{1}1\}$; für den Winkel $(0001):(10\bar{1}1)$ wurde gefunden 65°55′ (64°6′— 67°3′). Das spec. Gewicht ist 2,417. 8) Ein Stück vom Disco-Fjord ohne genauere Angabe stammt vielleicht von derselben Localität.

Wenn man die verschiedenen bekannten Gyrolithvorkommen vergleicht, sieht man, daß mit einer einzigen Ausnahme (Nova Scotia) die Reihenfolge stets eine sehr gleichmäßige ist, indem nämlich das erstgebildete Mineral meistens einer der Zeolithe: Natrolith, Mesolith, Skolezit oder Thomsonit ist; danach folgt der Gyrolith und zuletzt sehr oft der Apophyllit. Die Krystallform ist von den beiden Localitäten, wo meßbare Krystalle gefunden sind, beinahe dieselbe. In bezug auf die physikalischen Eigenschaften ist das Mineral von Niakornat etwas verschieden von denjenigen aller andern Localitäten; erstens lassen

sich auf ihm sehr leicht Ätz- und Schlagfiguren bilden, was mit den andern nur sehr unvollkommen der Fall ist; zweitens ist das spec. Gewicht für das Mineral von Niakornat 2,578, für die andern 2,383—2,446; drittens kommt hierzu noch der Umstand, daß der Brechungsindex $\omega$, wie von Cornu[1]) nachgewiesen worden ist, für Niakornat 1,5645 ist, für die andern 1,54—1,55. In der chemischen Zusammensetzung sind auch kleine Verschiedenheiten, namentlich ist der Wassergehalt für Niakornat nur 8,14, während er für die andern von 12,58 bis zu 15,05 variiert. Da es möglich ist anzunehmen, daß die verschiedenen physikalischen Eigenschaften sich vielleicht mit dem Wassergehalt gradweise ändern können, scheint es nicht berechtigt zu sein, das Mineral von Niakornat als eine besondere Species (wie es von Cornu, der das betreffende Mineral »Reyerit« genannt hat, gemacht worden ist) abzutrennen.

Zuletzt wird eine Vergleichung zwischen Gyrolith und andern Zeolithen vorgenommen; hier sollen nur einige neue Messungen von dem Zeophyllit vom »Alten Berg« bei Radzein angeführt werden. Die Krystalle sind von der Basis, einem Rhomboëder und einem Prisma zweiter Ordnung begrenzt; der Winkel zwischen Rhomboëder und Prisma ist $31^0 45'$ ($31^0 15'$ — $32^0 5'$); wird dem Rhomboëder das Symbol $\{02\bar{2}1\}$ gegeben, so erhält man das Axenverhältnis $c = 2{,}2451$.

Ref.: O. B. Böggild.

**10. A. G. Högbom** (in Upsala): **Über einige lamellare Mineralverwachsungen mit Kalkspat** (Bull. geol. Inst. Upsala 1906—1907, Upsala 1908, 8, Nr. 15—16, 214—228).

In einer Breccie von der Nyängs-Grube, Gestrikland, und einer anderen, die als Geschiebe bei Iggö im Geflebusen gefunden wurde, findet sich lamellarer Kalkspat in bis decimetergroßen Tafeln nach der Basis, dessen Zwischenräume mit Quarz, Epidot und Feldspat erfüllt sind. Die Lamellen können gefaltet sein, ohne daß die Einheitlichkeit derselben verloren gegangen ist. Der Quarz bildet oft kleine Stengel, die senkrecht auf den Kalkspatlamellen stehen.

Zum Vergleich werden einige andere lamellare Verwachsungen, die teilweise in dem dritten Band des Upsala-Bulletin erwähnt sind, beschrieben. Bei Gråfläsjan, Rödön, finden sich Kalkspatlamellen mit Prehnit und Quarz, auf Ornö ebensolche mit Quarz, Pyroxen, Titanit und Graphit. Auf Alnö findet sich in Nephelinsyenit pegmatitischer Kalkspat, teilweise mit Zwillingsbildung nach $\{01\bar{1}2\}$, in dem nach der Basis der Kalkspatindividuen orientierte Lamellen von Ägirin, Ägirinaugit, Nephelin, Feldspat, Magnetit, Biotit und Apatit eingeschaltet sind. Außer der früher beschriebenen Verwachsung von Quarz und Mikroklin von Hitterö wird noch eine lamelläre Verwachsung von Ytterby erwähnt; hier wechseln Platten aus Feldspat, mit solchen, die aus Feldspat, Glimmer, Kiesen und den seltenen Mineralien bestehen, regelmäßig ab.

Ref.: O. B. Böggild.

**11. Thorolf Vogt** (in Kristiania): **Schwerspat aus norwegischen Vorkommen** (Norsk geologisk Tidsskrift 1908, 1, Nr. 9, 1—56).

Bei Traag in Bamle kommt in den Zinkblendegruben parallel mit dem Erzgang ein Schwerspatgang vor. Die Krystalle sind sehr formenreich, im ganzen mit den folgenden Flächen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $\lambda\{210\}$, $\eta\{320\}$,

1) Tschermaks min. u. petr. Mitt. 1907, 25.

$m\{110\}$, $\chi\{130\}$, $o\{011\}$, $D\{302\}$, $u\{101\}$, $d\{102\}$, $l\{104\}$, $x\{111\}$, $r\{112\}$, $f\{113\}$, $q\{114\}$, $y\{122\}$ und $\delta\{414\}$. Vier Typen kommen vor; der erste bildet große Krystalle, bis 112 mm lang, die zweite ganz kleine (bis 4,5 mm); die Combination ist beinahe dieselbe; beide Typen sind nach der $b$-Axe prismatisch; an dem zweiten Typus kommen unter 42 Combinationen die Formen $c$, $m$, $o$, $u$, $d$, $x$ und $l$ in allen Fällen vor, $y$ 36mal, $r$ 30, $a$ 26, $f$ und $q$ 15 und $b$ 14mal. Die Krystalle des dritten Typus sind tafelförmig nach $\{001\}$ (bis 50 mm), diejenigen des vierten Typus sind klein (bis 5 mm), nach der $b$-Axe prismatisch und fast hexagonal aussehend bei Vorherrschen von $u$, $d$, $c$ und $b$. Die Flächen sind bei allen vier Typen zur Messung gewöhnlich gut geeignet, nur die $\delta\{414\}$ angehörigen sind ganz matt. Natürliche Ätzung hat diese Krystalle in verschiedenem Grade angegriffen, namentlich sind die Flächen von $\eta$, $\lambda$, $m$, $\delta$ und $b$ bisweilen ganz matt geworden; $d$ und $o$ sind dagegen stets blank und oft mit Ätzfiguren versehen; diese sind auf $d$ halbmondförmig mit der geraden Kante gegen $u$ gerichtet; auf $o$ sind sie eiförmig, fünfeckig mit dem spitzen Ende nach der Basis gerichtet. Auf dieser Fläche selbst finden sich lange und schmale Figuren, auf $a$ spaltförmige, verticale Figuren, deren Flächen zusammen mit denjenigen von $\chi\{130\}$ spiegeln. Auf $b$ kommen viereckige Ätzhügel vor, die von $\chi\{130\}$ und $i\{021\}$ begrenzt sind; diese beiden Flächen sind »geschleppt«, d. h. näher der geätzten Fläche, als sie theoretisch sein sollten, gerückt[1]). Als Prärosionsflächen kommen die Formen $\{232\}$, $\{121\}$ und $\{141\}$ vor; ferner sind alle diejenigen Kanten, die $\{011\}$ umgeben, von hohlen Flächen abgestumpft; mit dem Goniometer zeigt es sich, daß diese eine Serie Bilder geben und also aus mehreren Flächen bestehen. [Betreffend die Beschreibung dieser, wie es scheint, höchst unsicheren Formen wird auf die Abhandlung, S. 12—17, hingewiesen.]

Bei Fehn in Telemarken kommen im Eisenerzfeld Schwerspatkrystalle zusammen mit Schwefelkies vor. Im ganzen treten die folgenden Flächen auf: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $\lambda\{210\}$, $\eta\{320\}$, $m\{110\}$, $o\{011\}$, $u\{101\}$, $d\{102\}$ und $\psi\{15.5.12\}$.

Die Krystalle kommen in drei Typen vor; die ersten sind gelb oder braunrot, wesentlich von den Formen $d$ und $\psi$, mehr untergeordnet von $m$ und $u$ begrenzt; die Flächen von $\psi$ sind meistens krumm bei Combination mit $d$; diese Form, die für das Mineral neu ist, ist durch die folgenden Winkel bestimmt worden[2]):

| | | | Zahl d. Mess.: | Berechnet: |
|---|---|---|---|---|
| $(15.5.12):(15.5.\bar{1}\bar{2})$ | = | $50^0\,43'$ ($49^0\,16'$— $51^0\,32'$) | 12 | $51^0\,4'$ |
| $(15.5.12):(\bar{1}5.5.12)$ | = | 121 38 (120 30—122 58) | 12 | 121 8 |
| $(110):(15.5.12)$ | = | 34 10 — | 1 | 34 26 |
| $(101):(15.5.12)$ | = | 14 52 — | 1 | 14 39 |
| $(102):(15.5.12)$ | = | 27 48 (27 40— 27 58) | 3 | 18 1 |

Die Krystalle des zweiten Typus sind grüngelb und undurchsichtig, nach der $b$-Axe verlängert und von $d$ und $m$ mit untergeordneten $u$, $c$, $\psi$, $\lambda$ und $\eta$ begrenzt; sie sind schön zonar gebaut, in der Mitte findet sich ein Krystall mit

---

1) In der Tabelle S. 10 sind die folgenden Druckfehler zu notieren: in der ersten Zeile statt $28^0\,4'$ lies $28^0\,34'$, in der zweiten statt 010 lies 011.

2) In der betreffenden Tabelle 8, S. 18, kommen die folgenden Druckfehler vor: Zeile 1 statt $19^0$ lies $19^0\,18'$, Zeile 3 statt $101:\bar{1}10$ lies $110:\bar{1}10$, Zeile 4 statt 50 53 lies 51 04, Zeile 5 statt 121 18 lies 121 8, Zeile 6 statt 34 22 lies 34 26.

$d$, $m$, $o$ und $b$, außerhalb desselben ein anderer mit $d$, $u$, $c$, $o$, $m$ und $b$; der äußerste Krystall besitzt die oben erwähnte Combination; die Flächen von $u$ sind mit halbmondförmigen Wachstumsfiguren besetzt; auch Ätzfiguren wurden auf verschiedenen Flächen gefunden.

Die Krystalle des dritten Typus besitzen nur die Formen $d$ und $m$; auch hier finden sich jedoch Spuren der Form $\psi$, meistens mit $d$ combiniert.

In der Nähe von Ulefos gibt es auch einige andere Fundorte von Schwerspat; aus Björndalen stammen einige dicktafelförmige graue Krystalle mit $m$, $c$, $o$ und $d$, aus der Russegrube einige mit $c$, $m$ und $o$.

Die bekannten Schwerspatkrystalle von Kongsberg sind sehr flächenreich; im ganzen kommen folgende Formen vor: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $\beta\{310\}$, $m\{110\}$, $n\{120\}$, $\chi\{130\}$, $o\{011\}$, $*w_{,,}\{2.0.13\}$, $w\{106\}$, $l\{104\}$, $g\{103\}$, $*x,\{5.0.13\}$, $d\{102\}$, $u\{101\}$, $z\{111\}$, $R?\{223\}$, $r\{112\}$, $f\{113\}$, $q\{114\}$, $v\{115\}$, $P\{116\}$, $y\{122\}$.

Die Krystalle zeigen sechs Typen; diejenigen des ersten Typus sitzen auf einem großen Schwerspatkrystall parallel angeordnet und sind von den Formen $m\,d\,z\,o\,b\,c\,a\,r\,f\,\beta\,n\,\chi$ begrenzt. Die meisten Flächen sind gut ausgebildet, doch sind diejenigen von $r$, $f$ und $\beta$ matt.

Der zweite Typus wird von oktaëdrischen Krystallen gebildet, die von $z$ zusammen mit $m$, $d$, $c$ und $b$ gebildet sind; die Flächen sind ziemlich rauh.

Die Krystalle des dritten Typus sind wesentlich von $m$ und $c$ mit untergeordneten $z\,o\,d\,Z?\{203\}\,u\,a\,b\,l$ begrenzt. Die Flächen von $m$ sind bei der Combination mit $z$ fein gestreift, diejenigen von $u$ und $z$ sind ganz matt.

Die Krystalle des vierten Typus sind auf einem älteren Schwerspat parallel angeordnet; sie sind wasserhell mit glänzenden Flächen und sehr flächenreich. Vorherrschend sind $o\,d\,c$, mehr untergeordnet $b\,u\,m\,a\,g\,l\,w\,z\,\chi\,n\,r\,v\,f\,q\,P\,w_{,,}\,x_{,}$. Die neuen Formen $w_{,,}\{5.0.13\}$ und $x_{,}\{2.0.13\}$ sind durch die folgenden Winkel bestimmt[1]):

| | | Zahl der Mess.: | Berechnet: |
|---|---|---|---|
| $(001):(5.0.13) = 31^0\,42'$ | $(31^0\,35'—31^0\,49')$ | 2 | $31^0\,48'$ |
| $(001):(2.0.13) = 13\;48$ | — | 1 | $13\;55$ |

Die Formen $m$ und $z$ alternieren stark miteinander und geben am Goniometer eine Reihe von Signalbildern, für welche eine größere Zahl von neuen Formen aufgestellt worden ist.

Die Krystalle des fünften Typus sind nach der Basis tafelförmig und ganz klein; sie besitzen die Formen $c\,d\,o\,m\,n\,l\,a\,b\,z\,r\,q\,(?)\,g$. Die Flächen von $u$, $l$, $r$ und $q$ sind matt, diejenigen von $o$ und $d$ sehr glänzend.

Die Krystalle des sechsten Typus sind sehr klein und sitzen in hypoparalleler Stellung auf einem größeren Schwerspatkrystalle; sie sind hauptsächlich von $c$ und $d$ begrenzt, wozu noch die Formen $o\,m\,u\,l\,z\,y\,a\,b$ kommen.

Bei Heskestad im südlichsten Norwegen kommen kleine, farblose Krystalle vor, die nach der $b$-Axe prismatisch sind; die am meisten hervorragenden Flächen sind $d$ und $z$, ferner finden sich $m\,u\,o\,b\,r\,f\,R\,e\,y$. Die Flächen sind gut und glänzend, doch teilweise geätzt; auch hier fanden sich auf einigen Kanten Prärosionsflächen.

---

1) In der Tabelle 14, S. 30, steht fehlerhaft für $(110):(130)$ der berechnete Wert $25^0\,41'$ statt $28^0\,35'$; das betreffende Prisma ist also nicht (130), sondern am nächsten (5.13.0), das mit (110) einen Winkel von $25^0\,33'$ bildet.

Schwerspatkrystalle kommen auch in den Eisengruben zu Arendal vor; sie sind klein und von den Formen *d*, *m* und *c* begrenzt. Von Alten existiert ein einziger Krystall mit Kalkspat zusammen; er ist hauptsächlich von *d* und *o* begrenzt, wozu noch *c b f z n m* kommen; die Flächen sind ziemlich schlecht ausgebildet.

Außer den genannten Localitäten ist das Mineral nur noch bei Erteli in Ringerike und in Svenningsdalen, an beiden Stellen unkrystallisiert, gefunden worden.

Um eine Übersicht über die Variationen bei den Elementen des Schwerspats zu bekommen, sind die verschiedenen Axenverhältnisse bei den norwegischen und anderen bekannten Vorkommnissen zusammengestellt worden. Die ersten werden in der folgenden Tabelle zusammen mit den Fundamentalwinkeln und der Amplitude (der Differenz zwischen dem Maximum und Minimum der gemessenen Winkel) angeführt:

| | $(110):(\bar{1}10)$ | $\Delta$ | $(011):(01\bar{1})$ | $\Delta$ | $(102):(10\bar{2})$ | $\Delta$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Traag I | | | 74°37¾′ | 1,5′ | 102°20½′ | 2′ | 0,8152 : 1 : 1,3120 |
| - II | 101°42½′ | 4¼′ | 74 38 | 4¼ | | | 0,8141 : 1 : 1,3119 |
| - III | 101 47 | 5½ | 74 39 | 9 | | | 0,8129 : 1 : 1,3115 |
| - IV | 101 41 | | 74 37 | | | | 0,8144 : 1 : 1,3123 |
| Kongsberg I | 101 40 | 16½ | | | 102 18 | 8 | 0,8146 : 1 : 1,3123 |
| - III | 101 41½ | 3 | 74 39 | 1¼ | | | 0,8142 : 1 : 1,3115 |
| - IV | | | 74 40 | 9 | 102 19½ | 5 | 0,8140 : 1 : 1,3107 |
| - V | 101 45½ | 3 | 74 37¾ | 3½ | | | 0,8133 : 1 : 1,3120 |
| - VI | 101 33¼ | 14½ | 74 49½ | 15½ | | | 0,8163 : 1 : 1,3074 |
| Fehn I | 101 49½ | 11 | | | 102 6 | 13 | 0,8122 : 1 : 1,3130 |
| - II | 101 42¾ | 20½ | | | 102 17 | 9 | 0,8139 : 1 : 1,3114 |
| - III | 101 40 | 1½ | | | 102 0 | 15½ | 0,8147 : 1 : 1,3177 |
| Heskestad | | | 74 41 | 11 | 102 15 | 5¼ | 0,8128 : 1 : 1,3107 |
| Alten | | | 74 45 | | 102 2½ | | 0,8088 : 1 : 1,3092 |

Wie namentlich aus den gegebenen graphischen Darstellungen deutlich hervorgeht, nähern sich die Elemente von Kongsberg VI ein wenig denjenigen des Anhydrits, und in Übereinstimmung hiermit ist auch *Ca* in diesem Schwerspat spectroskopisch nachgewiesen worden. Der Schwerspat von Fehn III enthält ein wenig $NH_3$, und die Elemente zeigen auch eine Annäherung zu denjenigen des Mascagnins, wenn dessen Krystalle so aufgestellt werden, wie es in Goldschmidt's Index geschehen ist. Es scheint also, daß der Schwerspat isomorphe Einmischungen von $CaSO_4$ und $(NH_4)_2SO_4$ enthalten kann, die einen bestimmten Einfluß auf die Elemente ausüben können.

Um einen Überblick über die Bedeutung der individuellen Variationen zu bekommen, sind die Elemente von vielen einzelnen Krystallen aus einigen der erwähnten Vorkommnissen ausgerechnet und graphisch dargestellt worden. Es zeigt sich, daß diese Variationen nicht so groß sind, wie die Unterschiede zwischen den verschiedenen Vorkommnissen.

Für mehrere der norwegischen Schwerspate gilt die Regel, daß Säulenflächen am besten und Endflächen am schlechtesten entwickelt sind, was sich dadurch zeigt, daß wenn ein Krystall nach irgend einer Axe langgestreckt ist, die individuellen Variationen zwischen den Winkeln in der Zone dieser Axe nicht so groß sind wie in anderen Zonen. Der Verf. vermutet, daß diese Regel auch für andere Krystalle gelten wird und gibt für sie verschiedene theoretische

Gründe. [Die Erfahrung lehrt jedoch wohl in den meisten Fällen, daß gerade die Hauptzonen (z. B. viele Prismenzonen) oft die schlechtesten Messungsresultate geben, was sicher damit in Verbindung steht, daß gerade in solchen Zonen Vicinalflächen sehr verbreitet sind.] Ref.: O. B. Böggild.

**12. A. Atterberg** (in Kalmar): **Über die Natur der Thone** (Geol. Fören. i Stockholm Förh. 1908, 30, 31).

Es wird nachgewiesen, daß der Thon nicht die gewöhnlich angenommene Zusammensetzung hat, also nicht wesentlich aus Quarz, Kaolin und zeolithartigen Substanzen besteht. Der eigentliche Thon ($< 0{,}02$ mm) wird geteilt in »Grobthon« (0,02—0,002 mm) und »Feinthon« ($< 0{,}002$ mm), dieser letzte in »Mikrothon« (0,002—0,0002 mm) und »Ultrathon« ($< 0{,}0002$ mm); in dem Begriffe »Feinthon« werden jedoch nicht die in Salzsäure löslichen Bestandteile, die »Zeoliththon« genannt werden, eingeschlossen. Verschiedene schwedische quartäre Thone enthalten 9—26 % Grobthon, 19—47 % Feinthon und 23—40 % Zeoliththon. Durch Analyse ist gefunden worden, daß der Grob- und der Mikrothon aus $\frac{2}{3}$ Feldspat und $\frac{1}{3}$ Quarz besteht, während der Ultrathon wesentlich Glimmer enthält. Der Zeoliththon, der hauptsächlich für ein Verwitterungsproduct gehalten wird, hat in verschiedenen Thonen die Zusammensetzung: $2{,}5\,RO,\ Fe_2O_3,\ 2\,Al_2O_3,\ 7\,SiO_2$ oder $2\,RO,\ Fe_2O_3,\ Al_2O_3,\ 8\,SiO_2$, wo $R = Ca, Mg, K_2, Na_2$. Kaolin ist in den schwedischen Thonen nicht nachgewiesen worden, während er in den tropischen »Lateriten« zusammen mit Bauxit vorkommen kann. Zuletzt wird der Zusammenhang zwischen den physikalischen Eigenschaften und der Zusammensetzung der Thone nachgewiesen. Ref.: O. B. Böggild.

**13. Derselbe: Analyse und Classification der Thone** (Ebenda 401).

Enthält mechanische Analysen von vielen schwedischen Thonen und gibt eine Beschreibung der damit in Verbindung stehenden physikalischen Eigenschaften.

Ref.: O. B. Böggild.

**14. Derselbe: Analyse von drei Lateriten aus Brasilien** (Ebenda 474).

Eine mechanische und chemische Untersuchung zeigt, daß in den zwei Proben, die aus Gneiß entstanden sind, Kaolin das wesentlichste Verwitterungsproduct des Feldspats ist, während die dritte Probe, die aus Nephelinsyenit entstanden ist, Hydrargillit zusammen mit Kaolin enthält.

Ref.: O. B. Böggild.

**15. L. H. Borgström** (in Helsingfors): **Mineralogische Notizen** (Ebenda 331).

5. Chromit aus dem Marjalahti-Meteorit. An der Grenze zwischen Olivin und Nickeleisen, auf dem ersten sitzend, finden sich kleine (bis 2 mm) Chromitkrystalle, von welchen einige mit sehr gut ausgebildeten Flächen versehen waren. Die dominierenden Formen waren {111} und {110}; seltener sind {331}, {311} und {551}; die letzte Form ist für das Mineral neu; sie ist durch folgende Messungen bestimmt:

| | | Berechnet: | |
|---|---|---|---|
| $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ |
| 11°15′, 12°5′ | 44°35′, 44°50′ | 11°18′ | 45°33′ |

Außerdem kommen ein paar unbestimmbare Hexakisoktaëder vor. Das spec. Gewicht ist 4,93; die chemische Analyse (mit 0,2 g) ergab: $Cr_2O_3$ 65,63, $Al_2O_3$ 3,78, $FeO$ 25,84, $MgO$ 4,27, $NiO$ 0,73. Summe 100,25.

6. Analcim von Brödtorp. Das Mineral ist an den Wänden von Hohlräumen in Granulit krystallisiert; die Krystalle sind farblos oder grünlich, $\frac{1}{2}$ bis 1 cm im Durchschnitt, von $\{211\}$ mit untergeordnetem $\{100\}$ begrenzt. Die Messungen geben Werte, die bis zu $\frac{1}{2}^0$ von den theoretischen abweichen; scheinbare Zwillingslamellen nach $\{110\}$ durchziehen bisweilen die Krystalle. Der Lichtbrechungscoëfficient, $n_{Na}$, ist 1,490; die optische Structur ist die gewöhnliche; der Krystall ist aus Pyramiden mit den Ikositetraëderflächen als Grundfläche aufgebaut; auch findet sich Zonarstructur mit abwechselnden stärker und schwächer doppelbrechenden Schichten parallel den Krystallflächen vor.

Das spec. Gewicht ist 2,241—2,246; die Analyse (mit 15 mg) ergab: $SiO_2$ 54, $Al_2O_3$ 22, $Na_2O$ 12, $H_2O$ 8 und Spuren von $K_2O$ und $Fe_2O_3$.

Ref.: O. B. Böggild.

**16. G. Flink** (in Stockholm): **Über Quarzkrystalle von Pisavuori im Kirchspiel Nilsiä, Finnland** (Geol. Fören. i Stockholm Förh. 1908, **30**, 338).

Die Krystalle sind kurzprismatisch (bis 6 cm lang), farblos und wasserhell; die Prismenflächen sind recht unregelmäßig ausgebildet, oft abwechselnd breit und schmal, auch die Hauptrhomboëderflächen sind sehr in der Größe variierend, übrigens ganz vollkommen ausgebildet. Von steileren Rhomboëdern finden sich $\{50\bar{5}1\}$, $\{40\bar{4}1\}$ und $\{08\bar{8}1\}$, die jedoch selten einfache Reflexbilder geben. Von anderen Formen kommen die Pyramiden $\{2\bar{1}\bar{1}1\}$ und $\{11\bar{2}1\}$, ferner $\{6\bar{1}\bar{5}1\}$ und nur in einem Falle $\{51\bar{6}1\}$ vor; zwischen $\{6\bar{1}\bar{5}1\}$ und $\{10\bar{1}0\}$ findet sich bisweilen eine vicinale Form, vielleicht $\{22.\bar{1}.\bar{2}\bar{1}.1\}$. Auch die beiden negativen Trapezoëder $\{6\bar{5}\bar{1}1\}$ und $\{15\bar{6}1\}$ und ein seltenes positives, $\{32\bar{5}3\}$, treten auf. Zwillinge nach dem Dauphiné-Gesetze kommen vor.

Ref.: O. B. Böggild.

**17. Zd. Jaroš** (in Prag): **Beitrag zur Morphologie des böhmischen Antimonites** (»Rozpravy české Akademie« Prag 1907, II. Kl., **16**, Nr. 14, 10).

Der Antimonit ist in Böhmen an ziemlich zahlreichen Localitäten vorhanden, jedoch wurde er bisher goniometrisch nicht untersucht. Der Verf. hat die Krystalle von Milešov-Krásná Hora und von Příbram gemessen. Als Grundlage der Rechnungen diente das von Dana bestimmte Axenverhältnis $a : b : c = 0{,}99257 : 1 : 1{,}01788$.

Antimonit von Milešov findet sich auf den Erzgängen, die den Porphyr und Kersantit durchsetzen. Die Antimonitkrystalle sind säulenförmig, gekrümmt und auf Quarz aufgewachsen; es scheint, daß sie mit dem Calcit gleichzeitig entstanden sind. An einem gemessenen Krystalle wurden folgende Formen entdeckt: $m\{110\}$, $b\{010\}$, $s\{113\}$. Der andere Krystall hatte außer den erwähnten Formen noch $a\{100\}$ und $q\{130\}$. In der verticalen Zone dominiert die Form $m$ an beiden Krystallen. Die Form $s$ wurde von Krenner an dem Felsöbanyer Antimonit entdeckt. $m$, $b$, $a$, $q$ signalisieren gut, $s$ schlecht.

Antimonit von Příbram begleitet den Galenit meistens in der Form von strahligen, stengeligen und körnigen Aggregaten. Selten sind Krystalle vorhanden. Man kann zwei Generationen von Antimonit unterscheiden: die ältere, die vor

dem Baryt und Pyrit entstanden ist, und die jüngere, die mit der zweiten Pyritgeneration gleichzeitig ist.

Der Krystallhabitus ist vertical säulenförmig bis dicktafelig nach $b\{010\}$, dabei aber nach der Verticalaxe gestreckt. Die Polflächen befinden sich nur an einem Ende.

Man kann zwei Krystalltypen unterscheiden: I. Dicktafelig nach $b\{010\}$; unter den Terminalflächen waltet die Pyramide $e\{123\}$ vor. II. Die Horizontaldimensionen sind gleichmäßig, am Pole ist nur die Form $\psi\{146\}$ vorhanden. Es wurden insgesamt 17 Antimonitkrystalle dieser Localität durchgemessen.

I. Typus: Die Krystalle sind bis $3\frac{1}{2}$ cm lang, teilweise gebogen, auf dem derben Antimonit oder Quarz aufgewachsen. Auf den sechs untersuchten Krystallen wurden folgende Formen gefunden: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $e\{123\}$, $\psi\{146\}$, $*\Gamma_1\{236\}$, $*\mathfrak{H}_1\{1.2.12\}$. Die Verticalzone ist gekrümmt und stark gefurcht; $\Gamma_1$ und $\psi$ sind schmale Flächen, $\mathfrak{H}_1$ ersetzt die Basis. $\Gamma_1$ und $\mathfrak{H}_1$ sind überhaupt für Antimonit neu. Es gilt:

$$\begin{aligned} \Gamma_1(236): \quad e(123) &= 6^0 52\tfrac{1}{2}' \text{ gem.}, \quad 6^0 58\tfrac{1}{2}' \text{ ber.} \\ : \Gamma_1'(2\bar{3}6) &= 51\ 27 \quad » \quad 51\ 25\tfrac{3}{4} \quad » \end{aligned}$$

Diese Form wurde an allen sechs Krystallen mit guten Reflexen gefunden.

$$\begin{aligned} \mathfrak{H}_1(1.2.12): \quad e(123) &= 26^0 26' \text{ gem.}, \quad 26^0 28\tfrac{1}{3}' \text{ ber.} \\ : \mathfrak{H}_1''(\bar{1}.\bar{2}.12) &= 21\ 40 \quad » \quad 21\ 30\tfrac{2}{3} \quad » \end{aligned}$$

Diese Form war an fünf Krystallen entwickelt, ihre Flächen lieferten gute bis ausgezeichnete Signale. Nur einmal und mit einer einzigen, jedoch großen und gut spiegelnden Fläche wurde die Form $\mathfrak{x}_1\{15.20.12\}$ beobachtet. Es gilt für diese Form:

$$\begin{aligned} \mathfrak{x}_1(15.20.12): e(123) &= 28^0 37' \text{ gem.}, \quad 28^0 40' \text{ ber.} \\ : e'(1\bar{2}3) &= 84\ 26 \quad » \quad 84\ 25\tfrac{3}{4} \quad » \end{aligned}$$

II. Typus: Die Krystalle sind dünnadelig, höchstens 1 cm lang, nach den beiden Horizontalaxen gleichmäßig ausgebildet. Die Terminalflächen stimmen an einigen Krystallen (3) mit dem Symbole $\{146\} = \psi$ recht gut überein, wobei sie ziemlich gut ausgebildet sind. An den anderen Krystallen führen die Messungen zur complicierten Form $\psi_1\{4.17.27\}$. Die Reflexe waren gut.

$$\begin{aligned} \psi_1(4.17.27): \psi_1'(4.\bar{1}\bar{7}.27) &= 64^0 44' \text{ gem.}, \quad 64^0 43' \text{ ber.} \quad 4 \text{ Kanten} \\ : \psi_1''(\bar{4}.\bar{1}\bar{7}.27) &= 66\ 41 \quad » \quad 66\ 44\tfrac{1}{2} \quad » \quad 4 \quad » \\ : \psi_1'''(\bar{4}.17.27) &= 14\ 25 \quad » \quad 14\ 34\tfrac{3}{4} \quad » \quad 3 \quad » \end{aligned}$$

Es gibt auch Krystalle, deren Terminalpyramiden recht variable Winkelgrößen geliefert haben, sodaß die Symbole nicht berechnet werden konnten.

Die Verticalzone der Krystalle mit $\psi_1$ ist flächenreicher als diejenige der Krystalle mit $\psi$. Es gibt bei jenen in dieser Zone: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $q\{130\}$, $a\{100\}$, $h\{310\}$, $n\{210\}$.

Außer diesen Formen ist die Verticalzone reich an zahlreichen Vicinalen, die einen continuierlichen Reflexzug bedingen.

Zum Schluß stellt der Verf. eine Tabelle zusammen, in welcher alle an den böhmischen Antimoniten auftretende Formen mit Autorennamen und Entdeckungsjahren aufgeführt sind.

Ref.: V. Rosický.

**18. B. Ježek** (in Prag): **Über den Braunit aus Minas Geraës** (»Rozpravy« der böhm. Akademie Prag 1908, **13**, II. Kl., Nr. 7, 6 S. mit einer Tafel [böhmisch]).

Auf Manganerzstücken aus Minas Geraës in Brasilien befanden sich kleine, stark glänzende stahlgraue tetragonale Kryställchen von Braunit, an denen folgende Formen beobachtet wurden:

$c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $p\{111\}$, $*q\{506\}$, $*r\{601\}$, $*u\{643\}$, $h\{423\}$, $z\{421\}$, $*v\{312\}$, $*w\{311\}$, $*y\{713\}$. Die mit * bezeichneten Formen sind für den Braunit neu. Die Deuteropyramiden $q\{506\}$ und $r\{601\}$ sind recht schlecht ausgebildet und reflectieren deswegen meistens schwach.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $q(506) : p(111)$ | $= 34^0 48'$ | gem., | $35^0 29\frac{1}{2}'$ | ber. | (2 Kanten) |
| $: r(601)$ | $= 40\ 45$ | » | $40\ 52\frac{3}{4}$ | » | (4 » ) |
| $r(601) : r(60\bar{1})$ | $= 19\ 9$ | » | $19\ 4\frac{1}{3}$ | » | (4 » ) |
| $: p(111)$ | $= 48\ 28$ | » | $48\ 23\frac{1}{2}$ | » | (6 » ) |

Die neue ditetragonale Pyramide $u\{643\}$ wurde an zehn Krystallen sichergestellt. Dieselben waren oft recht breit und boten gute bis sehr gute Reflexe:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $u(643) : u(64\bar{3})$ | $= 45^0 26'$ | gem., | $45^0 30'$ | ber. | ( 2 Kanten) |
| $: u(463)$ | $= 20\ 50\frac{1}{2}$ | » | $20\ 50\frac{1}{2}$ | » | ( 2 » ) |
| $: p(111)$ | $= 16\ 6\frac{1}{2}$ | » | $16\ 5$ | » | (14 » ) |
| $: z(421)$ | $= 12\ 28$ | » | $12\ 28\frac{1}{2}$ | » | ( 8 » ) |
| $: m(110)$ | $= 25\ 17\frac{1}{2}$ | » | $25\ 16\frac{1}{3}$ | » | ( 2 » ) |

Seltener, jedoch ebenfalls gut ausgebildet ist $v\{312\}$:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $v(312) : p(111)$ | $= 22^0\ 6'$ | gem., | $22^0\ 9\frac{1}{3}'$ | ber. | (6 Kanten) |
| $: h(423)$ | $= 6\ 55$ | » | $6\ 57\frac{1}{3}$ | » | (4 » ). |

Einigemal wurde $w\{311\}$ gefunden als eine kleine, gut spiegelnde Fläche.

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| $w(311) : p(111)$ | $= 58^0 20\frac{1}{2}'$ | gem., | $58^0 27'$ | ber. |
| $: m(110)$ | $= 31\ 30$ | » | $31\ 33$ | » |
| $: z(421)$ | $= 9\ 14$ | » | $9\ 17\frac{1}{3}$ | » |
| $: h(4\bar{2}3)$ | $= 43\ 16\frac{1}{2}$ | » | $43\ 16$ | » |
| $: u(643)$ | $= 15\ 3$ | » | $15\ 10\frac{1}{2}$ | » |

Vereinzelt entwickelt war auch $y\{713\}$ mit einer ziemlich großen, jedoch unvollkommenen Fläche.

$$y(713) : p(111) = 47^0 27' \text{ gem.}, \quad 47^0 21\frac{1}{3}' \text{ ber.}$$

Alle Berechnungen beziehen sich auf die Parameter: $a : c = 1 : 0{,}9922$ (Flink). Die wichtigsten Combinationen sind:

1) $p\,m\,u\,z$
2) $p\,c\,r\,u\,z$
3) $p\,c\,q\,r\,u\,v$
4) $p\,c\,m\,q\,r\,u\,h\,z$
5) $p\,c\,m\,q\,r\,u\,h\,z\,v$
6) $p\,c\,a\,m\,q\,r\,u\,h\,z\,v\,w\,y$.

Spec. Gew. = 4,72, H. = $6—6\frac{1}{2}$. Der Verf. analysierte die sehr feinkörnige Unterlage und erhielt folgende Daten:

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 3,93 |
| $MnO$ | 83,76 |
| $O$ | 8,20 |
| $Fe_2O_3$ | 1,18 |
| $BaO$ | 0,98 |
| $H_2O$ | 0,50 |
| | 98,55 |

Dadurch ist bewiesen, daß die feinkörnige Masse (spec. Gew. 4,69—4,72) Braunit ist. Am Ende gibt der Verf. einen Überblick aller am Braunit bekannten Formen; auf der Tafel zeichnet er die Combinationen Nr. 1, 3, 5, 6 und die stereographische Projection aller Formen.

Ref.: V. Rosický.

# XXXII. Ludwigit von Montana, U. S. A.

Von

**W. T. Schaller** in Washington.

Übersetzt von W. Brendler.

---

## Vorkommen.

Der im nachstehenden beschriebene Ludwigit wurde von Herrn Donald F. Mac Donald bei Philipsburg, Montana, U. S. A., gesammelt und mir von Herrn F. C. Calkins zur Identification des Minerals übersandt. Er soll in einem metamorphosierten Kalkstein zusammen mit großen Massen von Magneteisenerz vorkommen. Eine Untersuchung mehrerer Dünnschliffe ergab die Anwesenheit eines in kleinen Partien auftretenden olivinähnlichen Minerals, sowie kleiner Mengen eines Carbonats und eines secundären faserigen Minerals.

Der Ludwigit bildet kleine radialfaserige Sphärolithen, welche eine sehr dunkelgrüne, beinahe schwarze Färbung besitzen. Die physikalischen Eigenschaften des Minerals von Montana gleichen denen des ungarischen Original-Ludwigits. Bei Anwendung starker Vergrößerung beobachtet man unter dem Mikroskope, daß die Fasern parallele Auslöschung und einen sehr merklichen Pleochroismus zeigen, und zwar meergrün parallel der Längsrichtung und senkrecht dazu kastanienbraun; in letzterer Richtung ist die Absorption stärker. Der Brechungsexponent liegt viel höher als 1,67. Der mittlere Brechungsexponent des olivinähnlichen Minerals beträgt ungefähr 1,66 und Spaltungsstücke nach $b\{010\}$, denen die Schwingungsrichtungen $\alpha$ und $\beta$ entsprechen, ergeben Brechungsexponenten zwischen 1,65 und 1,66. Das Mineral muß infolgedessen sehr arm an Eisen sein und ist demnach als ein nahezu eisenfreier Olivin oder Forsterit anzusprechen. Da sich bei der Analyse kein Calcium nachweisen ließ, muß das Carbonat entweder Magnesit oder Siderit sein.

### Analyse.

Der magneteisenfreie, jedoch mit wenig Forsterit und geringen Mengen des faserigen Minerals und des Carbonats verunreinigte Ludwigit wurde einer chemischen Untersuchung unterworfen, deren Resultate in nachstehender Tabelle zusammengestellt sind. Die Zahlen der letzten Reihe zeigen die nach Abzug des Forsterits und Carbonats durch Umrechnung auf 100% sich ergebenden Werte.

| | Ludwigit mit Forsterit und Carbonat verunreinigt. | | | | Reiner Ludwigit: |
|---|---|---|---|---|---|
| | 1. | 2. | 3. | Mittel: | |
| $FeO$ | 6,12 | 5,53 | 5,74 | 5,79 | 7,27 |
| $MgO$ | 39,09 | 38,60 | 39,42 | 39,04 | 33,78 |
| Gesamt-Eisen | 36,33 | 36,01 | — | — | — |
| $Fe_2O_3$ | — | — | — | 29,73 | 37,37 |
| $SiO_2$ | 8,97 | 8,74 | 8,85 | 8,85 | — |
| $Al_2O_3$ | 1,98 | 1,64 | — | 1,81 | 2,27 |
| $H_2O$ über 107° | 0,97 | — | — | 0,97 | 1,24 |
| $H_2O$ unter 107° | 0,91 | 0,95 | 0,85 | 0,90 | 1,13 |
| $CO_2$ | 0,28 | 0,43 | — | 0,36 | — |
| $B_2O_3$ | 13,48 | — | — | 13,48 | 16,94 |
| | | | | 100,93 | 100,00 |

Das Eisenoxydul wurde nach der von Hillebrand[1]) angegebenen Methode bestimmt; das Analysenmaterial war ziemlich fein gepulvert.

Die durch das Pulverisieren verursachte Oxydation des Eisenoxyduls ist, wie Versuche von Hillebrand gezeigt haben, sehr gering.

Der erste Wert (1,98%) für $Al_2O_3$ stellt die Differenz zwischen dem bei der gewichtsanalytischen Bestimmung für $(Al, Fe)_2O_3$ erhaltenen Wert und dem bei der nachfolgenden Titration des Eisens mit Permanganat gefundenen dar. Um die Borsäure aus der Eisen- und Aluminiumchlorid enthaltenden Lösung vollständig auszutreiben, wurde letztere wiederholt nach jedesmaligem Zusatz von Methylalkohol abgedampft.

Der zweite Wert für $Al_2O_3$ (1,64%) wurde durch Anwendung von Phenylhydrazin erhalten, wie dies schon Allen[2]) vorgeschlagen hat. Da die beiden Bestimmungen ziemlich gut übereinstimmen, darf die Anwesenheit einer kleinen Menge von Thonerde in dem untersuchten Material wohl als sicher angenommen werden. Der etwas höhere Wert der ersten Bestimmung hat seine Ursache wahrscheinlich in dem Umstande, daß jedenfalls eine kleine Menge Borsäure zurückgehalten worden ist. Ob die Thonerde dem Ludwigit oder einem der diesen begleitenden Mineralien angehört,

1) Analyse der Silicat- und Carbonatgesteine. W. Engelmann, Leipzig 1910, S. 177.

2) Journ. American Chem. Soc. 1903, **25**, 424. Siehe auch Hillebrand, Analyse der Silicat- und Carbonatgesteine, S. 113.

ist schwer zu entscheiden; sie wurde als mit zum Borat gehörig verrechnet. Die Borsäure ist auch von Wherry und Chapin[1]) bestimmt worden, welche 12,82% feststellten; dieser Wert ist also etwas niedriger als der oben angegebene. Der Wassergehalt ist bei aller Geringfügigkeit immerhin doch wichtig genug, um Beachtung zu verdienen. Es scheint zwar Tatsache zu sein, daß das Wasser nicht als ein wesentlicher Bestandteil des Minerals anzusehen ist, es dürfte jedoch nicht zulässig sein, den geringen Wassergehalt von Mineralien in allen Fällen auf diese Weise erklären zu wollen. Da die Wasserbestimmungen an feingepulvertem Material ausgeführt wurden, war etwas Wasser zweifellos von diesem nachträglich aus der Atmosphäre aufgenommen worden[2]); auch konnte ein Teil desselben aus dem beigemengten faserigen Mineral stammen. Ich habe deswegen bei der Berechnung das gesamte Wasser unberücksichtigt gelassen.

### Discussion der Formel.

Aus den erhaltenen Analysenmittelwerten lassen sich folgende Verhältnisse berechnen:

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| $MgO$ | 9760 | | 7532 | 4,00 | 3,57 $MgO$ |
| $FeO$ | 804 | | | | 0,43 $FeO$ |
| $Fe_2O_3$ | 1858 | 1475 $Mg_2SiO_4$ | 2035 | 1,08 | |
| $Al_2O_3$ | 177 | und 82 $MgCO_2$ | | | |
| $SiO_2$ | 1475 | abgezogen | | | |
| $CO_2$ | 82 | | | | |
| $B_2O_3$ | 1926 | | 1926 | 1,02 | |

Die Verhältnisse 4,00 : 1,08 : 1,02 stimmen mit der Ludwigit-Formel $4RO.Fe_2O_3.B_2O_3$ überein.

Der von Whitfield[3]) an dem ungarischen Ludwigit gefundene hohe Wassergehalt von 3,62% wird weder durch die obigen Resultate, noch durch die weiterhin zu erörternden, von mir am ungarischen Ludwigit festgestellten bestätigt. Beide Vorkommen des Minerals lieferten ca. 1% Wasser; es ist nicht möglich zu entscheiden, ob dieses Wasser dem Mineral eigentümlich ist oder nicht; vielleicht vermag die Zukunft eine Klärung dieser Frage herbeizuführen. Nimmt man das über 107° entweichende Wasser als dem Mineral angehörig an, so gelangt man zu einer Formel, welche ungefähr folgende Verhältnisse zeigt:

$$RO : Fe_2O_3 : B_2O_3 : H_2O = 16 : 4 : 4 : 1.$$

Auch wenn man das gesamte Eisenoxydul als dem Ludwigit (und nicht dem Forsterit oder Carbonat) eigentümlich annimmt, so reicht dessen Menge

1) Journ. American Chem. Soc. 1908, **30**, 1691. Diese Zeitschr. **48**, 127.
2) Diese Zeitschr. 1910, **48**, 6, 123.
3) Amer. Journ. Sc. 1887, **34**, 284. Diese Zeitschr. **15**, 122.

doch nicht hin, um der Formel $FeO.Fe_2O_3.3MgO.B_2O_3$ zu genügen. Nach den oben angeführten Resultaten könnte man die Formel des Ludwigits von Montana $0{,}57MgO.0{,}43FeO.3MgO.Fe_2O_3.B_2O_3$ schreiben, was sich als eine isomorphe Mischung eines Ferroferrimagnesiumborats mit einem Magnesiumferrimagnesiumborats deuten ließe, in welcher letzteres etwas vorherrscht. Wie schon die Analysen von Ludwig und Sipöcz, von Whitfield und auch die von mir ausgeführten zeigen, kommt dem ungarischen Ludwigit genau die Formel $FeO.Fe_2O_3.3MgO.B_2O_3$ zu, jedoch läßt eine Analyse von Ludwig und Sipöcz die Vertretung einer geringen Menge von Eisenoxydul durch Magnesia erkennen. Im Gegensatz dazu enthält der Ludwigit von Montana bedeutend weniger Eisenoxydul und dafür eine entsprechend größere Menge von Magnesia. Das Verhältnis von $B_2O_3 : Fe_2O_3 : (FeO + MgO)$ bleibt dabei unverändert. Es läßt sich im vorliegenden Falle also mit ziemlicher Sicherheit die Anwesenheit eines von Eisenoxydul freien Magnesiumferrimagnesiumborats $MgO.Fe_2O_3.3MgO.B_2O_3$ annehmen, welches jedoch bisher in der Natur noch nicht in reinem Zustande gefunden wurde. In isomorpher Mischung mit dem entsprechenden Ferroferrimagnesiumborat ist es im Ludwigit von Montana zu 57%, also zu mehr als der Hälfte, vorhanden; falls von dem vorhandenen Eisenoxydul etwas dem Forsterit oder dem Carbonat angehören sollte, würde dieser Procentgehalt an reinem Magnesiumferrimagnesiumborat ein noch höherer werden.

## Ludwigit von Ungarn.

Zum Vergleich mit dem oben beschriebenen Mineral wurde eine Analyse des Ludwigits von Ungarn ausgeführt. Das radialstrahlige, faserige Structur zeigende schwarze Mineral ergab folgende Analysenwerte:

| | 1. | 2. | 3. | Mittel: |
|---|---|---|---|---|
| $FeO$ | 15,84 | 15,68 | 15,80 | 15,84 |
| $MgO$ | 28,88 | 28,88 | — | 28,88 |
| Gesamt-Eisen | 53,35 | 52,74 | 53,72 | — |
| $Fe_2O_3$ | — | — | — | 35,67 |
| $H_2O$ unter 107° | 0,50 | 0,52 | — | 0,51 |
| $H_2O$ über 107° | 0,78 | 0,86 | — | 0,82 |
| $CO_2$ | 0,90 | — | — | 0,90 |
| Unlöslich | 0,32 | 0,40 | — | 0,36 |
| $B_2O_3$ | 17,02[1]) | — | — | 17,02[1]) |
| | | | | 100,00 |

Die Mittelwerte der Analysen führen nach Abzug des Magnesiumcarbonats zu der Formel: $FeO.Fe_2O_3.3MgO.B_2O_3$, wie nachstehende Verhältnisse erkennen lassen:

1) Als Differenz bestimmt.

| | | |
|---|---|---|
| $FeO$ | 0,220 | 0,99 |
| $MgO$ | 0,702 | 3,06 |
| $Fe_2O_3$ | 0,223 | 1,00 |
| $B_2O_3$ | 0,243 | 1,09 |
| $CO_2$ | 0,020 | — |

## Zusammenfassung der Analysenresultate.

Ein Vergleich sämtlicher Analysen des Ludwigits läßt deutlich erkennen, daß in letzterem $FeO$ und $MgO$ wirklich in isomorpher Mischung auftreten und daß der ungarische Ludwigit dem reinen Ferroferrimagnesiumborat in seiner Zusammensetzung sehr nahe kommt. In der nachfolgenden Zusammenstellung enthält die erste Reihe die für die Formel $FeO.Fe_2O_3.3MgO.B_2O_3$ berechneten theoretischen Werte, die zweite, dritte, vierte und fünfte die Analysenresultate des ungarischen und die sechste diejenigen des Ludwigits von Montana. Die zweite Analyse von Ludwig und Sipöcz (Nr. 5) läßt den Ersatz einer geringen Menge von Eisenoxydul durch Magnesia erkennen, den das Mineral von Montana in erhöhtem Maße zeigt.

| | 1. $FeO.Fe_2O_3.$ $3MgO.B_2O_3$ | 2. | 3. Ludwigit von Ungarn. Analysiert von | | 5. | 6. Ludwigit von Montana: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Ludwig u. Sipöcz: | Schaller: | Whitfield: | Ludwig u. Sipöcz: | |
| $FeO$ | 17,01 | 17,67 | 15,84 | 15,78 | 12,46 | 7,27 |
| $MgO$ | 28,61 | 26,91 | 28,88 | 30,57 | 31,69 | 33,78 |
| $Fe_2O_3$ | 37,81 | 39,29 | 35,67 | 37,93 | 39,92 | 37,37 |
| $Al_2O_3$ | — | — | — | — | — | 2,27 |
| $B_2O_3$ | 16,57 | 15,06 | 17,02 | 12,04 | 16,09 | 16,94 |
| $MnO$ | — | Spur | — | 0,16 | Spur | — |
| $H_2O$ unter 107° | — | — | 0,51 | 3,62 | — | 1,13 |
| $H_2O$ über 107° | — | — | 0,82 | | — | 1,24 |
| $SiO_2$ | — | — | 0,36 | — | — | — |
| $CO_2$ | — | — | 0,90 | — | — | — |
| | 100,00 | 98,93 | 100,10 | 100,00 | 100,16 | 100,00 |

Da die hier aufgeführten Analysen die Existenz eines eisenoxydulfreien Magnesiumferrimagnesiumborates in hohem Grade wahrscheinlich machen, sollten alle neuen Vorkommen von Ludwigit daraufhin sorgfältig untersucht werden.

# XXXIII. Krystallographische Notizen über Albit, Phenakit und Neptunit.

Von

**W. T. Schaller** in Washington.

Übersetzt von W. Brendler.

---

## 1.

## Albit aus dem Lawsonit-Schiefer von Marin County, Californien.

### Vorkommen.

Unter den Mineralien, welche in dem Lawsonitschiefer von Reed's Station auf der Halbinsel Tiburon in Marin County, Californien, vorkommen, findet sich auf einer Anzahl von Stufen Albit in gut ausgebildeten Krystallen, welche eine Größe von nahezu einem Centimeter erreichen. Das Vorkommen des Albits scheint auf einen Punkt concentriert zu sein, an welchem in der Grundmasse kleine, von Hohlräumen durchsetzte Partien eingestreut sind, welche vorwiegend aus Glaukophan und Albit bestehen. Lawsonit ist nicht direct mit Albit vergesellschaftet gefunden worden; das einzige Mineral, das mit dem Albit zusammen vorkommt, ist Glaukophan.

Die hier veröffentlichten Untersuchungen wurden vor etwa sechs Jahren beendet, die Ergebnisse wurden aber zunächst noch nicht veröffentlicht, da die Herausgabe einer vollständigeren Abhandlung über alle Mineralien dieses Vorkommens geplant war. Dieser Plan mußte aber aufgegeben werden, weil fast alle dazu vom Verfasser gesammelten Stufen bei einem Brande verloren gingen. Die bezüglich des Albits erlangten Resultate sind im nachstehenden zusammengestellt worden. Eine kurze Mitteilung über den hier vorkommenden Lawsonit wurde vor einigen Jahren vom Verfasser in Gemeinschaft mit Herrn Dr. W. F. Hillebrand[1]) veröffentlicht. Die übrigen Mineralien, welche in dem Schiefer mit dem Lawsonit zusammen gefunden werden, sind nach der Zusammenstellung von Ransome[2]): Glaukophan,

---

1) W. T. Schaller und W. F. Hillebrand, Crystallographical and Chemical Notes on Lawsonite. Amer. Journ. Sci. 1904, 4th ser., vol. **17**, 195; Bull. U. S. Geolog. Survey, 1905, No. **262**, 58. Diese Zeitschr. **42**, 291.

2) Bull. Dept. Geology, Univ. California, 1896, vol. **1**, 304. Diese Zeitschr. **25**, 531.

Aktinolith, Muscovit (zuerst irrtümlich als »Margarit« beschrieben), Epidot, Granat, Rutil, Titanit, Chlorit (pseudomorph nach Granat), Zoisit und Pyrit. Außerdem kommen noch vor: Albit — reichlich und in guten Krystallen —, Chlorit in großen Blättern (einige Centimeter im Durchmesser) von dunkelgrüner Farbe, Limonit pseudomorph nach Pyrit, Anthophyllit (?) und Talk.

### Formen und Winkel.

Bei den Messungen dieser Albitkrystalle wurde an denselben eine Anzahl neuer Formen festgestellt, welche inzwischen aber alle von anderen Autoren beschrieben worden sind. Eine äußerst wichtige Abhandlung über die Krystallographie des Albits ist kürzlich erschienen[1]); auf dieselbe wird im nachstehenden oft Bezug genommen werden.

Folgende Formen wurden an den Albitkrystallen durch goniometrische Messung nachgewiesen:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $c\{001\}$ | $\zeta\{150\}$ | $\gamma\{\bar{1}12\}$ | $X\{\bar{2}\bar{4}1\}$[2]) |
| $b\{010\}$ | $f\{130\}$ | $p\{\bar{1}11\}$ | $\eta\{\bar{1}\bar{3}1\}$ |
| $e\{021\}$ | $Z\{120\}$ | $g\{\bar{2}21\}$ | $\omega\{\bar{3}12\}$ |
| $n\{0\bar{2}1\}$ | $K\{350\}$ | $\vartheta\{\bar{1}\bar{1}2\}$ | |
| $x\{\bar{1}01\}$ | $m\{110\}$ | $o\{\bar{1}\bar{1}1\}$ | |
| $y\{\bar{2}01\}$ | $M\{1\bar{1}0\}$ | $u\{\bar{2}\bar{2}1\}$ | |
| | $\varkappa\{1\bar{3}0\}$ | | |

Diejenigen Krystalle, welche seltenere Formen zeigten, wurden nochmals am zweikreisigen Goniometer gemessen; die wichtigsten der dabei erhaltenen Werte sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt:

Messungen der seltenen Formen des Albits von Marin Co.

| | Gemessen: | | Berechnet: | |
|---|---|---|---|---|
| | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ |
| $\zeta\{150\}$ | 19° 19′ | 90° 0′ | 19° 21′ | 90° 0′ |
| $Z\{120\}$ | 40 34 | 90 0 | 41 25 | 90 0 |
| $K\{350\}$ | 46 29 | 90 0 | 46 40 | 90 0 |
| $n\{0\bar{2}1\}$ | 154 4 | 49 28 | 154 30 | 49 21 |
| $g\{\bar{2}21\}$ | 49 13 | 62 20 | 50 29 | 62 12 |
| $\omega\{\bar{3}12\}$ | 70 7 | 46 12 | 69 32 | 46 4 |
| $X\{\bar{2}\bar{4}1\}$ | 146 16 | 68 45 | 145 50 | 69 1 |
| $\eta\{\bar{1}\bar{3}1\}$ | 164 0 | 59 8 | 163 17 | 59 8 |
| $u\{\bar{2}\bar{2}1\}$ | 125 32 | 60 5 | 125 16 | 60 51 |
| $a(?)\{100\}$ | 87 26 | 90 0 | 90 28 | 90 0 |

1) C. Dreyer und V. Goldschmidt, Über Albit von Grönland. Meddelelser om Grönland 1907, **34**; Separatabdruck, 60 S., mit 5 Tafeln und 2 Textfiguren. Diese Zeitschr. **46**, 604.

2) Die Buchstaben $\chi$ und $X$ in der Arbeit von Dreyer und Goldschmidt sollten vertauscht werden, da $X$ von dem ersten Entdecker (Bowman) auf $\{\bar{2}\bar{4}1\}$ bezogen wurde.

Am Krystall Nr. 2 war in der Prismenzone noch eine sehr schmale Fläche vorhanden, welche einen deutlichen, aber sehr lichtschwachen Reflex gab. Ihre Lage konnte nicht endgültig bestimmt werden, aber ihr Symbol kommt dem Wert {490} jedenfalls sehr nahe, obschon die Messungen mit dem complicierteren {5.11.0} besser übereinstimmen. Die Form muß deshalb zu der ohnehin schon großen Abteilung der zweifelhaften Formen gestellt werden. Die Winkelwerte sind aus nachstehender Tabelle ersichtlich.

Messungen des zweifelhaften Prismas.

| | Gemessen: | Berechnet für {5.11.0} | Berechnet für {490} |
|---|---|---|---|
| (130) : ? = | 8°19′ | 8°19′ | 7°41′ |
| (150) : ? = | 19 7 | 19 22 | 18 44 |
| (350) : ? = | 8 3 | 7 57 | 8 35 |
| (110) : ? = | 21 57 | 21 55 | 22 33 |
| (010) : ? = | 38 26 | 38 43 | 38 5 |

**Beschreibung der selteneren Formen.**

$e\{021\}$ wurde nur einmal beobachtet als schmale, linienartige Fläche; die Form ist an den vorliegenden Krystallen sehr selten, während das entsprechende Doma $n\{0\bar{2}1\}$ ziemlich oft vorkommt.

$\zeta\{150\}$ wurde gleichfalls nur einmal gefunden, und zwar als linienartige Fläche am Krystall Nr. 2 zusammen mit $b$, $f$, $k$, $m$, $M$ und $x$.

$Z\{120\}$, eine seltene, aber von Dreyer und Goldschmidt mit Sicherheit bestätigte Form, wurde einmal als schmale Fläche am Krystall Nr. 14 beobachtet.

$K\{350\}$, das vom Verfasser bei den Messungen als neue Form erkannt worden war, wurde von Dreyer und Goldschmidt ebenfalls gefunden, welche sein Auftreten an fünf Krystallen mit acht Flächen erwähnen. Von mir wurde es an vier Krystallen beobachtet. Die Resultate der Messungen dieser Form an den Krystallen Nr. 12 und 15 sind verloren gegangen; für die Nr. 2 und 8 wurden die folgenden Werte erhalten:

Messungen von $K\{350\}$.

| | Gemessen: | Berechnet: | |
|---|---|---|---|
| $\zeta : K = (150) : (350) =$ | 27°30′ | 27°19′ | Krystall Nr. 2 |
| $f : K = (130) : (350) =$ | 16 18 | 16 16 | |
| $m : K = (110) : (350) =$ | 13 34 | 13 58 | |
| $b : K = (010) : (350) =$ | 47 29 | 46 40 | Krystall Nr. 8 |
| $f : K = (130) : (350) =$ | 17 4 | 16 16 | |
| $m : K = (110) : (350) =$ | 14 39 | 13 58 | |

$g\{\bar{2}21\}$ und $u\{\bar{2}\bar{2}1\}$ sind seltene Formen, welche an den untersuchten

Krystallen einige Male festgestellt wurden, aber niemals an ein und demselben Krystall gleichzeitig auftraten.

$\chi\{\bar{2}\bar{4}1\}$, gleichfalls neu, als es vom Verfasser zuerst beobachtet wurde, wurde zur selben Zeit von Bowman[1]) als neue Form beschrieben und auch einmal von Dreyer und Goldschmidt gefunden. Ich fand die Form an zwei Krystallen in beiden Fällen zusammen mit $\eta\{\bar{1}3\bar{1}\}$.

$\eta\{\bar{1}3\bar{1}\}$, das zuerst von Viola (1895) beobachtet und von Dreyer und Goldschmidt durch Messung von 23 Flächen vollauf bestätigt worden war, konnte Verfasser zweimal nachweisen, beide Male mit $X\{\bar{2}\bar{4}1\}$ zusammen.

$\omega\{\bar{3}12\}$ wurde als kleine, schlecht ausgebildete Fläche am Krystall Nr. 2 gemessen. Die Form wurde erstmalig von Dreyer und Goldschmidt festgestellt; da die vom Verfasser gemessenen und berechneten Winkelwerte gut mit deren Resultaten übereinstimmen, besteht kein Zweifel, daß die gemessene Fläche dieser Form angehört.

Eine sehr schmale Fläche gab einen schlechten Reflex, dessen Messung dem Wert für $a\{100\}$, einer als sicher festgestellten Form, nahekommt. Die für gewöhnlich auftretenden Formen sind: $c$, $b$, $x$, $y$, $f$, $m$, $M$, $z$, $p$, $o$, während die weniger häufigen Formen, d. h. jene, welche einerseits an mehr als zwei, andererseits jedoch noch nicht an der Hälfte der gemessenen Krystalle beobachtet werden konnten, die folgenden sind: $n$, $\gamma$, $g$, $\vartheta$, $K$, sodaß als Formen der dritten oder seltenen Klasse $e$, $\zeta$, $Z$, $u$, $X$, $\eta$ und $\omega$ übrig bleiben.

### Habitus der Krystalle.

Die Ausbildung der Krystalle ist gewöhnlich eine kurzprismatische oder nach allen Seiten nahezu gleichmäßige, selten etwas mehr langprismatisch oder tafelförmig nach $b\{010\}$. Ein einfacher Krystall (Nr. 1) wurde zwar beobachtet, jedoch sind alle anderen Zwillinge nach dem Albitgesetz. Zumeist sind nur zwei Individuen verzwillingt; in einer Anzahl von Fällen verliefen jedoch einige Zwillingslamellen durch die Mitte des Krystalls, und bisweilen treten in der Zone $bx$ glänzende Lamellen auf, deren Flächen anfangs für neue Formen gehalten wurden, aber, wie Dreyer und Goldschmidt[2]) für die Formen $\{\bar{7}97\}$ und $\{7\bar{5}7\}$ von Melczer[3]) gezeigt haben, wahrscheinlich auf Zwillingslamellen zurückzuführen sind. So wurden z. B. in der Zone $bx$ für die Fläche $l$ folgende Messungen erhalten:

$$b:l = 66^\circ 10'; \quad 67^\circ 14'$$
$$x:l = 26\ \ 5; \quad 27\ \ 3$$
$$p:l = 6\ 19; \quad 7\ \ 2;$$

1) Mineral. Mag. 1902, **13**, 115. Diese Zeitschr. **37**, 114.
2) l. c., S. 11 des Separatabzugs.
3) Diese Zeitschr. 1905, **40**, 583.

aber $b:p = 60°16'$ und $p:o' = 6°32'$; $b:o' = 66°48'$ und $x:o' = 27°32'$, und $p:o' = 6°32'$, sodaß sich also die Fläche $l$ zweifellos als $o$ in Zwillingsstellung befindet.

2.

## Phenakit von New Hampshire.

Durch Herrn Prof. F. W. Clarke wurden Verfasser einige Krystalle des Phenakits vom Bald Face Mountain, Chatham, New Hampshire, zur Untersuchung überlassen. Die losen Krystalle sind den von Farrington[1]) beschriebenen, vom gleichen Fundort stammenden sehr ähnlich; jedoch zeigte der eine der Krystalle, welche dem Verfasser zur Verfügung standen, einen etwas größeren Reichtum an Formen, von denen im ganzen zwölf festgestellt werden konnten. Von den in nachstehender Tabelle aufgeführten Formen wurden $a\{11\bar{2}0\}$, $m\{10\bar{1}0\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $d\{01\bar{1}2\}$, $p\{11\bar{2}3\}$, $s\{21\bar{3}1\}$ und $s\{3\bar{1}\bar{2}1\}$ auch von Farrington beobachtet.

**Formen und Winkel des Phenakits von Chatham, New Hampshire.**

| Bezeichnung: | Symbol: | Gemessen. $\varphi$ | Gemessen. $\varrho$ | Berechnet. $\varphi$ | Berechnet. $\varrho$ | Größe der Fläche: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $a$ | $11\bar{2}0$ | 30° 0′ | 90° 0′ | 30° 0′ | 90° 0′ | mittel |
| $m$ | $10\bar{1}0$ | 0 0 | 90 0 | 0 0 | 90 0 | mittel |
| $r$ | $10\bar{1}1$ | 0 3 | 37 24 | 0 0 | 37 21 | groß |
| $d$ | $01\bar{1}2$ | 0 12 | 21 20 | 0 0 | 20 53 | mittel |
| $z$ | $01\bar{1}1$ (?) | 0 2 | 40 42 | 0 0 | 37 21 | linienförmig |
| $\mu$ | $02\bar{2}1$ | 0 0 | 56 46 | 0 0 | 56 46 | linienförmig |
| $\vartheta$ | $14\bar{5}6$ | 11 13 | 30 11 | 10 53 | 30 14 | sehr klein |
| $v$ | $21\bar{3}4$ | 19 5 | 27 11 | 19 6 | 26 47 | linienförmig |
| $x$ | $12\bar{3}2$ | 19 1 | 45 4 | 19 6 | 45 17 | sehr klein |
| $s$ | $21\bar{3}1$ | 19 4 | 64 3 | 19 6 | 63 39 | linienförmig |
| $s_1$ | $3\bar{1}\bar{2}1$ | 19 19 | 63 30 | 19 6 | 63 39 | linienförmig |
| $p$ | $11\bar{2}3$ | 30 10 | 24 1 | 30 0 | 23 47 | klein |
| $p_1$ | $2\bar{1}\bar{1}3$ | 30 18 | 23 59 | 30 0 | 23 47 | klein |
| $o$ | $4\bar{2}\bar{2}3$ | 30 1 | 41 29 | 30 0 | 41 23 | sehr klein |

### Das Formensystem des Phenakits.

Die Formen des Phenakits werden in der von Dana gewählten Orientierung wiedergegeben, welche vor der von Goldschmidt angegebenen den Vorzug verdient, bei welcher die Symbole complicierter sind als in der vorerwähnten. Eine Durchsicht der Literatur des Phenakits seit Veröffentlichung von Goldschmidts Winkeltabellen ergab, daß der von ihm gegebenen Zusammenstellung eine Anzahl von neuen Formen hinzuzufügen

1) O. C. Farrington, Notes on various minerals in the Museum Collection. Field Columbian Museum Publications. Geol. Series, 1908, vol. 3, 157. Diese Zeitschr. **48**, 116.

ist, um das Formensystem dieses Minerals zu einem vollständigen zu machen. Es wurde deshalb die nachstehende Formentabelle zusammengestellt, welche alle in der bisherigen Literatur gefundenen Formen — mit Ausnahme der zweifelhaften und vicinalen — enthält, und meines Erachtens die zweckmäßigste Tabelle zur Bestimmung der Formen darstellt, sofern die Messungen des Minerals am zweikreisigen Goniometer erfolgen.

Wenn für eine Form in der letzten Columne kein Literaturhinweis aufgeführt ist, so deutet dies an, daß die betreffende Form von wenigstens drei, von einander unabhängigen Beobachtern erkannt wurde und infolgedessen so unzweideutig sichergestellt ist, daß ein Literaturnachweis nicht nötig ist. In allen anderen Fällen verweisen die gegebenen Literaturangaben direct auf die Stelle, an welcher die Beschreibung der betreffenden Form zu finden ist.

**Formen und Winkel des Phenakits.**

| Nr. | Buchstabe | Symbol | | | $\varphi$ | $\varrho$ | Literaturhinweis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Goldschmidt | Miller | Bravais | | | |
| 1 | $m$ | $\infty 0$ | $2\bar{1}\bar{1}$ | $10\bar{1}0$ | 0° 0′ | 90° 0′ | |
| 2 | $a$ | $\infty$ | $10\bar{1}$ | $11\bar{2}0$ | 30 0 | 90 0 | |
| 3 | $k$ | $4\infty$ | $3\bar{1}\bar{2}$ | $41\bar{5}0$ | 10 53 | 90 0 | |
| 4 | $d_1$ | $+\frac{1}{2}0$ | 411 | $10\bar{1}2$ | 0 0 | 20 53 | 8 |
| 5 | $d$ | $-\frac{1}{2}0$ | 110 | $01\bar{1}2$ | 0 0 | 20 53 | |
| 6 | $r$ | $+10$ | 100 | $10\bar{1}1$ | 0 0 | 37 21 | |
| 7 | $z$ | $-01$ | $22\bar{1}$ | $01\bar{1}1$ | 0 0 | 37 21 | |
| 8 | $\mu$ | $-02$ | $11\bar{1}$ | $02\bar{2}1$ | 0 0 | 56 46 | |
| 9 | $\vartheta$ | $-\frac{1}{6}\frac{2}{3}$ | $43\bar{1}$ | $14\bar{5}6$ | 10 53 | 30 14 | 4, 9 |
| 10 | $t$ | $-\frac{1}{4}\frac{2}{3}$ | $32\bar{1}$ | $13\bar{7}4$ | 13 54 | 34 32 | 4 |
| 11 | $\lambda$ | $+\frac{3}{2}1\frac{1}{2}$ | $30\bar{1}$ | $31\bar{7}2$ | 13 54 | 54 0 | |
| 12 | $\xi$ | $-13$ | 212 | $13\bar{7}1$ | 13 54 | 70 2 | 1, 5 |
| 13 | $v$ | $+\frac{1}{2}1\frac{1}{1}$ | 310 | $21\bar{3}4$ | 19 6 | 26 47 | 2, 3 |
| 14 | $x$ | $-\frac{1}{2}1$ | $21\bar{2}$ | $12\bar{3}2$ | 19 6 | 45 17 | |
| 15 | $s$ | $+21$ | $20\bar{1}$ | $21\bar{3}1$ | 19 6 | 63 39 | |
| 16 | $b$ | $+\frac{3}{4}1\frac{1}{2}$ | $41\bar{1}$ | $32\bar{5}4$ | 23 25 | 39 45 | 7 |
| 17 | $b_1$ | $-\frac{1}{2}\frac{3}{4}$ | $11.5.\bar{4}$ | $23\bar{5}4$ | 23 25 | 39 45 | 7 |
| 18 | $\omega$ | $-1\frac{3}{2}$ | $31\bar{2}$ | $23\bar{5}2$ | 23 25 | 58 59 | |
| 19 | $\sigma$ | $+32$ | $30\bar{2}$ | $32\bar{5}1$ | 23 25 | 73 16 | |
| 20 | $e$ | $+\frac{4}{7}\frac{3}{7}$ | $62\bar{1}$ | $43\bar{7}7$ | 25 17 | 73 16 | 7 |
| 21 | $y_1$ | $-\frac{1}{4}1$ | $4\bar{2}3$ | $15\bar{6}5$ | 27 0 | 73 16 | 6 |
| 22 | $p$ | $+\frac{1}{3}$ | 210 | $11\bar{2}3r$ | 30 0 | 23 47 | |
| 23 | $p_1$ | $-\frac{1}{3}$ | 201 | $2\bar{1}\bar{1}3$ | 30 0 | 23 47 | |
| 24 | $o_1$ | $+\frac{2}{3}$ | $31\bar{1}$ | $22\bar{4}3r$ | 30 0 | 41 23 | 8 |
| 25 | $o$ | $-\frac{2}{3}$ | $3\bar{1}1$ | $4\bar{2}\bar{2}3$ | 30 0 | 41 23 | |

**Literatur.**


1. Beyrich, Pogg. Ann. 1835, **34**, 519; 1837, **41**, 323; (Goldschmidt, Index Kryst. 1890, **2**, 464).
2. Rose, Pogg. Ann. 1846, **69**, 145; (Hintze, Handbuch d. Min. **2**, 41).
3. Seligmann, Neues Jahrb. f. Min., Geol. u. Paläont. 1880, **1**, 129; Ausz. diese Zeitschr. **18**, 65.
4. Des Cloizeaux, Bull. soc. franç. min. 1886, **9**, 171.
5. Lacroix, Minéral. de France 1893—1895, **1**, 205.

6. Spencer, Mineral. Magaz. 1906, **14**, 178.
7. Zimányi, Ann. Musei Hungarici 1909, **7**, 347.
8. Slavic, Bull. intern. Acad. Bohême 1909, **14**, 1.
9. Vorstehende Abhandlung.

3.

## Neptunit von Californien.

Eine große Suite von Stufen von Benitoit und Neptunit wurde von Herrn Dr. Ralph Arnold[1]) gesammelt und Verfasser zur Untersuchung übergeben. Da Verfasser davon erfuhr, daß Dr. Louderback beabsichtigte eine vollständige Beschreibung dieser Mineralien zu veröffentlichen, wurde die Untersuchung vorläufig zurückgestellt. Ein einziger Krystall wurde gemessen und eine teilweise chemische Analyse ausgeführt[2]), um den sogenannten »Carlosit« klassificieren zu können. Seitdem sind sowohl die krystallographischen Verhältnisse[3]), wie auch die chemische Zusammensetzung[4]) des Minerals ausführlich beschrieben worden[5]).

Der einzige gemessene Krystall zeigt prismatische Ausbildung und den von Ford beschriebenen Habitus. Die daran vorhandenen Formen sind: $c\{001\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $s\{111\}$, $o\{\bar{1}11\}$, $i\{\bar{1}12\}$, $g\{\bar{2}11\}$ und $p\{\bar{3}11\}$. Es ist dies dieselbe Combination, welche auch von Ford beobachtet wurde. Die goniometrische Messung vorstehender Formen ergab folgende Werte:

**Formen und Winkel des Neptunits.**

| Buchstabe: | Symbol. Goldschmidt: | Miller: | Gemessen. $\varphi$ | $\varrho$ | Berechnet. $\varphi$ | $\varrho$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $c$ | 0 | 001 | 90° 6′ | 25°23′ | 90° 0′ | 25°38′ |
| $a$ | $\infty 0$ | 100 | 90 0 | 90 0 | 90 0 | 90 0 |
| $m$ | $\infty$ | 110 | 40 1 | 90 0 | 40 7 | 90 0 |
| $s$ | $+1$ | 111 | 55 7 | 54 16 | 55 10 | 54 43 |
| $o$ | $-1$ | $\bar{1}11$ | 14 26 | 40 8 | 13 57 | 39 45 |
| $i$ | $-\frac{1}{2}$ | $\bar{1}12$ | 18 52 | 22 56 | 19 5 | 23 8 |
| $g$ | $-21$ | $\bar{2}11$ | 48 11 | 51 0 | 47 29 | 50 5 |
| $p$ | $-31$ | $\bar{3}11$ | 62 52 | 60 12 | 62 39 | 60 22 |

Außer den vorstehenden Formen ist eine große Fläche nahe bei $s\{111\}$ auf der einen Seite des Krystalls vorhanden. Die Messungen derselben

1) R. Arnold, Notes on the occurrence of the recently described gem mineral benitoite; Science 1908, **27**, 312. Diese Zeitschr. **48**, 112.

2) G. D. Louderback und W. C. Blasdale, Benitoite, a new California gem mineral. Bull. Dept. Geology, Univ. of California 1907, **5**, 149. Diese Zeitschr. **46**, 386.

3) W. E. Ford, Neptunite crystals from San Benito County, California. Amer. Journ. Sci. 1909, 4th ser., **27**, 235. Diese Zeitschr. **46**, 321.

4) W. M. Bradley, On the analysis of the mineral neptunite from San Benito County, California. Amer. Journ. Sci. 1909, 4th ser., **28**, 15. Diese Zeitschr. **46**, 516.

5) G. D. Louderback und W. C. Blasdale, Benitoite, its Paragenesis and mode of Occurrence. Bull. Dept. Geology, Univ. of California 1909, **5**, 331.

stimmen mit dem Symbol $*h\{887\}$ überein; da die Form als große ebene Fläche auftritt, wird sie als sicher nachgewiesen betrachtet. Diese Fläche $(8\bar{8}7)$ ist viel größer entwickelt als $(1\bar{1}1)$ und nur ein wenig kleiner als $(111)$ und bildet eine der größten Flächen des betreffenden Krystalls; die entsprechende Fläche (887) ist nicht vorhanden. Die goniometrische Messung gab folgende Resultate:

| | Gemessen: | | Berechnet: | |
|---|---|---|---|---|
| | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ |
| $h\{887\}$ | 53°41′ | 57°31′ | 53°43′ | 57°20′. |

Es wurde auch noch eine sehr schmale Fläche beobachtet, welche vicinal zu $(\bar{1}\bar{1}2)$ ist. Die Form $g\{\bar{2}11\}$, welche von Ford als neu beschrieben wurde, ist in Gestalt zweier großer matter und unebener Flächen am vorliegenden Krystall vorhanden. Letztere Form ist für diesen Fundort vielleicht charakteristisch, da sie an einer Anzahl von Krystallen beobachtet werden konnte.

### Das Formensystem des Neptunits.

Da die Zahl der am Neptunit festgestellten Formen seit Veröffentlichung der ersten Beschreibung des Minerals im Jahre 1893 sich bedeutend vermehrt hat, ist im nachstehenden eine Zusammenstellung aller bisher beschriebenen Formen mit den Coordinatenwinkeln aufgenommen worden. In genau derselben Weise wie bei der vorhergehenden entsprechenden Zusammenstellung für den Phenakit ist die Literatur angegeben, auf welcher die betreffende Form basiert, mit Ausnahme der Fälle, in denen dieselbe dreimal unabhängig voneinander beobachtet wurde. Die Werte für $\varphi$ und $\varrho$ wurden, mit Ausnahme von $h\{887\}$, für diejenigen Formen, welche in Goldschmidt's »Winkeltabellen« nicht aufgeführt sind, der von Hlawatsch[1]) gegebenen Zusammenstellung entnommen.

(Hierher die Zusammenstellung auf S. 558.)

### Literatur.

1. G. Flink, Beschreibung eines neuen Mineralfundes aus Grönland. Diese Zeitschr. 1894, **23**, 346.
2. G. Flink, O. B. Böggild und C. Winter, Untersuchungen über Mineralien von Julianehaab. Meddelelser om Grönland 1899, **24**.
3. W. E. Ford, Neptunite crystals from San Benito County, California. Amer. Journ. Sci. 1909, 4th ser., **27**, 285.
4. C. Hlawatsch, Bemerkungen zum Aragonit von Rohitsch, Natrolith und Neptunit von San Benito. Tschermak's Mineral. u. petrogr. Mitt. 1909, **28**, 293.
5. S. Anmerk. 5) S. 556.
6. Die vorliegende Abhandlung.

1) C. Hlawatsch, Bemerkungen zum Aragonit von Rohitsch, Natrolith und Neptunit von San Benito. Tschermak's Mineral. u. petrogr. Mitt. 1909, **28**, 293.

## Neptunit.

Monoklin: $a = 1{,}3164$
$c = 0{,}8076$
$\beta = 64^{0}22'$

| Nr. | Buchstabe | Symbol | | $\varphi$ | $\varrho$ | Literaturhinweis |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Goldschmidt | Miller | | | |
| 1 | $b$ | $0\infty$ | 010 | $0^{0}\ 0'$ | $90^{0}\ 0'$ | |
| 2 | $m$ | $\infty$ | 110 | 40 7 | 90 0 | |
| 3 | $a$ | $\infty 0$ | 100 | 90 0 | 90 0 | |
| 4 | $o$ | $-1$ | $\bar{1}11$ | 43 57 | 39 45 | |
| 5 | $i$ | $-\frac{1}{2}$ | $\bar{1}12$ | 19 5 | 23 8 | |
| 6 | $r$ | $-2$ | $\bar{2}21$ | 22 12 | 60 11 | 2, 5 |
| 7 | $g$ | $-21$ | $\bar{2}11$ | 47 29 | 50 5 | |
| 8 | $v$ | $+2$ | 221 | 48 44 | 67 47 | 1, 2 |
| 9 | $h$ | $+\frac{8}{7}$ | 887 | 53 43 | 57 20 | 6 |
| 10 | $\pi$ | $+1$ | 111 | 55 10 | 54 43 | |
| 11 | $\gamma$ | $-\frac{5}{2}1$ | $\bar{5}22$ | 56 31 | 55 40 | 4 |
| 12 | $p$ | $-31$ | $\bar{3}11$ | 62 39 | 60 22 | |
| 13 | $u$ | $-\frac{5}{2}\frac{1}{2}$ | $\bar{5}12$ | 71 42 | 52 8 | |
| 14 | $x$ | $+31$ | 311 | 72 14 | 69 18 | 2 |
| 15 | $q$ | $-\frac{7}{2}\frac{1}{2}$ | $\bar{7}12$ | 78 4 | 62 47 | 2 |
| 16 | $f$ | $-10$ | $\bar{1}01$ | 90 0 | 11 20 | 2 |
| 17 | $c$ | 0 | 001 | 90 0 | 25 38 | |
| 18 | $e$ | $-20$ | $\bar{2}01$ | 90 0 | 41 22 | |
| 19 | $d$ | $-30$ | $\bar{3}01$ | 90 0 | 57 21 | 1, 2 |

# XXXIV. Über die wahrscheinliche Identität von Podolit und Dahllit.

Von

**W. T. Schaller** in Washington.

Übersetzt von W. Brendler.

Ein Vergleich der Eigenschaften und der chemischen Zusammensetzung von Podolit und Dahllit zeigt, daß dieselben im wesentlichen die gleichen sind. Der Dahllit wurde im Jahre 1888 von Brögger und Bäckström[1]) erstmalig beschrieben und eine darauf fußende Beschreibung ist auch in Dana's System of Mineralogy S. 866 enthalten. Im Jahre 1907 veröffentlichte Tschirwinsky[2]) eine Abhandlung über Podolit. Die in nachfolgender Gegenüberstellung aller Eigenschaften der beiden Mineralien enthaltenen Angaben sind aus den oben genannten Publicationen entlehnt.

| Dahllit. | Podolit. |
|---|---|
| Kommt in Krusten von faseriger Structur auf Apatit vor. | Findet sich in krystallinischen Massen oder in prismatischen Krystallen auf Phosphorit; auch in Sphärolithen, die aus prismatischen Krystallen zusammengesetzt sind. |
| Spec. Gewicht: 3,053. | Spec. Gewicht: 3,077. |
| Farbe: Blaß gelblichweiß. | Farbe: Gelblich. |
| Optisch einaxig; negativ. | Anscheinend hexagonal; die Krystalle zeigen optische Anomalien; negativ. |
| Doppelbrechung und Brechungsindex wenig höher als beim Apatit. | Doppelbrechung etwas größer als diejenige des Apatits; Mittelwert der Brechungsindices 1,635. |

1) W. C. Brögger und H. Bäckström, Dahllit, ein neues Mineral von Ödegården, Bamle, Norwegen. Meddelanden från Stockholms Högskola Nr. 77, in Ofv. Vet.-Akad. Förh. 1888, 493. Auszug diese Zeitschr. 1890, **17**, 426.

2) W. Tschirwinsky, Podolit, ein neues Mineral. Centralblatt f. Min., Geol. u. Paläont. 1907, 279. Diese Zeitschr. **46**, 296; **47**, 389.

| In kalter verdünnter Säure unter $CO_2$-Entwickelung löslich. | In Salzsäure unter $CO_2$-Entwickelung löslich. |
|---|---|
| Zusammensetzung $\left\{\begin{array}{l} H_2Ca_{14}P_8C_2O_{36} \text{ oder} \\ 2\,Ca_3P_2O_8 . CaCO_3 . \frac{1}{2}H_2O \\ \text{S. u.} \end{array}\right.$ | Zusammensetzung $\left\{\begin{array}{l} Ca_{10}P_6CO_{27} \text{ oder} \\ 3\,Ca_3P_2O_8 . CaCO_3 \\ \text{S. u.} \end{array}\right.$ |

Um die beiden Formeln besser vergleichen zu können, wurden sie auf gleichen Calciumgehalt umgerechnet:

Dahllit $H_{10}Ca_{70}P_{40}C_{10}O_{195}$
Podolit $Ca_{70}P_{42}C_7\ O_{189}$.

Die Analysen der beiden Mineralien sind in der folgenden Tabelle zum Vergleich nebeneinandergestellt.

**Analysen.**

| | Dahllit: | Podolit (Krystalle): | Podolit (Krystallin. Aggregat): |
|---|---|---|---|
| $CaO$ | 53,00 | 51,15 | 51,31 |
| $P_2O_5$ | 38,44 | 39,04 | 36,44 |
| $CO_2$ | 6,29 | 3,90 | 4,18 |
| $H_2O$ | 1,37 | nicht bestimmt | nicht bestimmt |
| $Fe_2O_3$ | 0,79 ($FeO$) | 3,04 | 1,73 |
| $Al_2O_3$ | — | — | 0,46 |
| $K_2O$ | 0,11 | — | 0,45 |
| $Na_2O$ | 0,89 | — | 0,66 |
| $F$ | — | 0,00 | 0,26 |
| Organ. Subst. | — | — | 0,56 |
| $SiO_2$ | — | — | 4,87 |
| Summe: | 100,89 | 97,13 | 100,92 (— 0,08 $O$ für $F$). |

Die vorstehenden Zahlenwerte bestärken in dem Gedanken, daß die drei untersuchten Substanzen identisch sind. Die Werte für $CO_2$ sind beim Podolit etwas niedriger als beim Dahllit, der Unterschied ist aber nur gering. Wasser wurde nicht bestimmt, aber es wird zweifellos in einem solchen secundären Mineral wie Podolit vorhanden sein und überdies wird die Probe während des Pulverisierens eine kleine Menge davon aufgenommen haben. Die ungenügende Summe und die im allgemeinen ziemlich voneinander abweichenden Werte für Podolit erwecken den Verdacht, daß weitere Analysen von reinerem Material bei sorgfältiger Durchführung Resultate ergeben würden, welche von den hier mitgeteilten etwas abweichen. Es ist kaum möglich, an der Hand obenstehender Daten festzustellen, welches die genaue Zusammensetzung dieses interessanten Phosphats und Carbonats des Calciums

ist. Eine dem Apatit analoge Zusammensetzung ist augenscheinlich naheliegend und die in der Dahllitanalyse aufgeführten 1,37 % Wasser lassen sich auch auf andere Weise erklären, als daß sie als wesentlicher Bestandteil des Minerals gelten müßten, aber die Frage betr. der Gegenwart eines wesentlichen Wassergehalts kann einzig und allein durch weitere Analysen entschieden werden, welche unter gebührender Berücksichtigung aller einen Einfluß ausübenden Umstände auszuführen sind. Der Name Dahllit besitzt gegenüber »Podolit« eine fast zwanzigjährige Priorität und letzterer sollte deshalb dem älteren Namen weichen.

# XXXV. Die chemische Zusammensetzung von Jamesonit und Warrenit.

Von

**W. T. Schaller** in Washington.

Übersetzt von W. Brendler.

Unsere Kenntnisse über die schwierige Gruppe der Sulfosalze sind in den letzten Jahren durch die Arbeiten der englischen Mineralogen, besonders derer vom britischen Museum, außerordentlich bereichert worden. Von den etzteren hat Spencer viele wertvolle Abhandlungen veröffentlicht, in deren einer er den Warrenit, welcher von Eakins (früher am Laboratorium der United States geological Survey tätig) als ein neues Mineral beschrieben worden war, für identisch mit dem Jamesonit hält, für welchen er eine neue Formel vorschlägt[1]).

Diese Kritik eines Minerals, das von einem ehemaligen Mitglied unseres Laboratoriums festgestellt worden war, erregte hier natürlich besonderes Interesse, und auf Veranlassung von Herrn Prof. F. W. Clarke unternahm ich eine nochmalige Prüfung des Gegenstandes. Um dieselbe Zeit stellte uns Herr W. F. Ferrier in entgegenkommendster Weise seine Collection von Warrenit zur Verfügung; dieselbe bestand aus mehr als einem Dutzend Stufen, welche in ihrem allgemeinen Charakter mit denen vom britischen Museum, wie sie Spencer beschreibt[2]), übereinstimmen.

Das Muttergestein der Verfasser zur Verfügung stehenden Stufen besteht aus rosa gefärbtem Rhodochrosit, in dessen Höhlungen »das verfilzte Aggregat von kurzen und geraden Nadeln« vorkommt.

Es wurde soviel als möglich von dem verfilzten Material herausgelesen; dem Volumen nach viel, betrug die Gesamtmenge nach dem Gewicht doch

1) L. J. Spencer, Note on »Feather Ore«: identity of »Domingite« (= Warrenite«) with Jamesonite. Mineral. Magaz. 1907, **14**, 207. Analyse des krystallisierten Jamesonits, l. c. 310. Diese Zeitschr. **46**, 620, 624.

2) l. c. 208.

wenig. Tatsächlich war die Menge des Materials vollständig ungenügend, um irgendwelche chemische Analyse zu gestatten. Unterdessen nötigten mich die laufenden Arbeiten die Untersuchungen für eine Weile beiseite zu legen und ehe sich Gelegenheit bot, mehr Material auszulesen, wurden die Stufen durch Feuer zerstört. Obgleich durch diesen Verlust die Durchführung einer chemischen Untersuchung von vornherein ausgeschlossen wurde, führten doch einige bei Durchsicht der Vorarbeiten erhaltene Ergebnisse zu Schlüssen, welche wohl zur Erweiterung unserer Kenntnisse betreffs dieser Mineralien beitragen könnten.

### Discussion der Jamesonitformel.

Spencer meinte, daß die wahrscheinlichste Formel für den Jamesonit $7(Pb^{\frac{4}{5}}, Fe^{\frac{1}{5}})S.4Sb_2S_3$ sei. Durch Umrechnung derselben erhalten wir $Pb_{28}Fe_7Sb_{40}S_{95}$, welches Resultat der einfachen Formel $Pb_{28}Fe_7Sb_{42}S_{98}$ oder $Pb_4FeSb_6S_{14}$ so nahe kommt, daß dieselbe mit zwingender Notwendigkeit für den Jamesonit angewendet werden muß. Die Vermutung, daß Eisen mit einem nahezu feststehenden Betrage (zwischen 2% und 3%) zugegen ist, scheint durch die angeführten Analysen mit Sicherheit bestätigt zu werden. Spencer hat aus der Literatur diejenigen Jamesonitanalysen ausgewählt, welche an Material ausgeführt worden waren, das die charakteristischen und wohl definierten physikalischen Eigenschaften — wie z. B. Spaltbarkeit nach der Basis usw. — zeigte. Da diese die einzig brauchbaren Analysen sind, sind sie im folgenden zusammen mit den für die neue, für den Jamesonit in Vorschlag gebrachte Formel, nämlich $4PbS.FeS.3Sb_2S_3$, berechneten Werten nochmals aufgeführt[1]).

Analysen von Jamesonit.

| | Berechnet | 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. | 9. | 10. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *S* | 21,86 | 20,52 | 21,37 | 22,15 | 22,53 | [23,01] | 21,78 | 21,52 | 20,86 | 21,35 | 21,75 |
| *Sb* | 35,10 | 34,53 | 34,70 | 34,40 | 34,90 | 33,47 | 32,62 | 33,03 | 31,94 | nicht best. | 32,00 |
| *Pb* | 40,32 | 41,18 | 40,08 | 40,75 | 39,45 | 40,35 | 39,97 | 40,13 | 42,79 | 40,47 | 39,05 |
| *Fe* | 2,72 | 2,76 | 2,79 | 2,30 | 2,65 | 2,96 | 3,63 | nicht best. | 2,83 | 2,68 | 2,00 |
| *Cu* | — | 0,26 | 0,22 | 0,13 | 0,19 | 0,21 | — | — | 1,01 | 0,50 | 3,45 |
| *Zn* | — | — | — | — | — | — | 0,42 | 0,36 | 1,84 | 5,82 | 0,62 |
| *Bi* | — | — | — | — | — | — | 1,06 | — | — | — | — |
| *Ag* | — | 0,01 | 0,13 | — | — | — | — | — | — | — | 1,34 |
| *As* | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,20 |
| | 100,00 | 99,26 | 99,29 | 99,73 | 99,72 | 100,00 | 99,48 | — | 101,27 | — | 100,41 |

In den letzten zwei Analysen sind ansehnliche Mengen von Kupfer und Zink vorhanden, und da der Gehalt an Blei entsprechend niedriger ist,

1) Analyse 1 und 2 von Prior, an Bolivianischem Material; Nr. 3, 4 und 5 von Rose (1826; 1829); Nr. 6 und 7 von Schaffgotsch (1836); Nr. 8 und 9 von Rammelsberg (1849); Nr. 10 von Sievert (1873). Literaturnachweise cf. Mineral. Mag. 1907, **14**, 313.

während der Eisengehalt nur in einem Falle zurückgeht, vertritt das vorhandene Kupfer, Zink und Silber wahrscheinlich das Blei, und nicht das Eisen, vorausgesetzt natürlich, daß das analysierte Material rein war, eine Annahme, welche durchaus nicht unbedingt zutreffend sein muß. Die aufgeführten Analysenzahlen stimmen sehr gut mit den Werten überein, welche für die hier vorgeschlagene Formel berechnet wurden; letztere findet in den Analysen ebenso viel Stütze wie die verwickeltere Formel von Spencer.

Inzwischen veröffentlichte Loczka eine Analyse[1]) »eines verfilzten Aggregats von dunkelstahlgrauen Fasern«, das er zum Plumosit zählt und für welches er eine Formel berechnete, die mit der hier vorgeschlagenen identisch ist, nämlich $4PbS.FeS.3Sb_2S_3$. In einem Referat über diese Arbeit stellt Spencer fest[2]), daß »die Analysenzahlen noch genauer mit der Jamesonitformel $7(Pb\frac{4}{5}, Fe\frac{1}{5})S.4Sb_2S_3$ übereinstimmen«, welche Behauptung kaum den Tatsachen entsprechen dürfte. Im nachstehenden sind Loczka's Analyse und die berechneten Werte für Spencer's Formel[3]) $7(Pb\frac{4}{5}, Fe\frac{1}{5})S.4Sb_2S_3$ und für die Formel $4PbS.FeS.3Sb_2S_3$ zum Vergleich nebeneinandergestellt worden:

| | Analyse von Loczka: | $7(Pb\frac{4}{5}, Fe\frac{1}{5})S.4Sb_2S_3$ | $4PbS.FeS.3Sb_2S_3$ |
|---|---|---|---|
| *S* | 21,59 | 21,70 | 21,86 |
| *Sb* | 35,80 | 34,23 | 35,10 |
| *Pb* | 39,38 | 41,29 | 40,32 |
| *Fe* | 2,65 | 2,78 | 2,72 |
| *Mn* | 0,12 | — | — |
| *Zn* | 0,10 | — | — |
| *Cu* | Spur | — | — |
| Unlöslich | 0,50 | — | — |
| | 100,14 | 100,00 | 100,00 |

Die Analyse stimmt besser mit der einfachen Formel überein, welcher also sicher der Vorzug zu geben ist. Es ist sehr zu bedauern, daß Loczka nicht genau festgestellt hat, ob die Fasern biegsam oder spröde waren. Nach den Analysenwerten allein zu urteilen muß seine Analyse ohne Frage zum Jamesonit und nicht zum Plumosit gestellt werden.

Vorerwähnter Umstand bildet eine weitere Stütze für die Richtigkeit der zuerst von Loczka aufgestellten und unabhängig von diesem auch von mir abgeleiteten Formel. Für den Jamesonit dürfte sich also die Formel

1) Josef Loczka, Analyse des Plumosits von Felsöbánya. Ann. musei nat. Hungarici 1908, **6**, 586.

2) Journ. Chem. Soc. 1909, **96**, 153.

3) Die Werte sind nach der Atomgewichtstabelle von 1909 berechnet und weichen nur ganz unbedeutend von den von Spencer aufgeführten ab.

$4PbS.FeS.3Sb_2S_3$ (Loczka) empfehlen, während für Plumosit die einfachere $2PbS.Sb_2S_3$ (Spencer) beizubehalten wäre, da die beiden Mineralien in chemischer Hinsicht sich durch die Gegenwart bezw. Abwesenheit von Eisen wesentlich unterscheiden.

## Die Zusammensetzung des Warrenits.

Spencer vereinigt den Warrenit mit Jamesonit; die von Eakins mitgeteilten Analysenwerte stimmen sowohl mit Spencer's als auch Loczka's neuer Formel gut überein, obschon der Eisengehalt um nahezu ein Procent niedriger ist. Spencer behauptet[1]), daß »es jedoch festgestellt wurde, daß die Nadeln (von Warrenit) spröde und nicht biegsam sind. Aus Gründen, welche weiter unten dargelegt werden, zeigt letztere Eigenschaft an, daß das untersuchte Material zum Jamesonit zu stellen ist.« Er unterscheidet weiterhin zwischen biegsamen und sprödem »Federerz«, wobei alle spröden Varietäten zum Jamesonit, die biegsamen aber entweder zum Zinckenit, Plumosit und Boulangerit oder zum Meneghinit zu stellen seien. Seine Behauptung, daß die Nadeln des Warrenits nicht biegsam seien, wurde durch eine Prüfung der mir zur Verfügung stehenden Stufen nicht bestätigt, da bei dieser Gelegenheit zahlreiche Krystalle gefunden wurden, welche so biegsam waren, daß dieselben[2]), »ohne zu brechen, kreisförmig gebogen werden konnten und beim Nachlassen des Druckes wieder in ihre ursprüngliche Lage zurückschnellen«. Es wurden jedoch auch viele Nadeln gefunden, welche ausgesprochen spröde waren und welche anstatt sich biegen zu lassen, immer quer durchbrachen. Im Warrenit sind also sowohl biegsame, wie auch spröde Nadeln vorhanden und er besteht, wie die nachstehende Analyse von Eakins erkennen läßt, aus einer Mischung von Jamesonit und Zinckenit.

| | Analyse von Eakins: | Verhältnis: | | Jamesonit: | | Zinckenit: | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *S* | 21,19 | 661 | | 448 | | 213 oder | 4,02 |
| *Sb* | 36,34 | 302 | = | 196 | + | 106 | 2,00 |
| *Pb* | 39,33 | 190 | | 128 | | 62 | 1,17 |
| *Fe* | 1,77 | 32 | | 32 | | — | — |
| Unlöslich | 0,52 | — | | — | | — | — |
| | 99,15 | | | | | | |

Die letzte Columne führt zu der Zinckenitformel $PbS.Sb_2S_3$. Die Analyse des Warrenits zeigt also, daß er aus einer Mischung von ungefär zwei Teilen Jamesonit mit drei Teilen Zinckenit besteht.

1) l. c. 208. 2) l. c. 209.

# XXXVI. Krumme Krystallflächen an der Phtalsäure.

Von

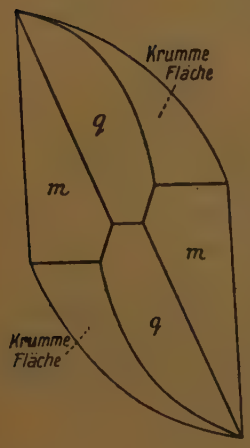
**L. H. Borgström in Helsingfors.**

(Mit 4 Textfiguren.)

---

Schon seit langem[1]) ist es bekannt, daß die Krystalle der Phtalsäure eine sehr hervorragende Fähigkeit besitzen, ihre Formentracht je nach den verschiedenen Krystallisationsbedingungen zu ändern. Unter einer großen Zahl von Phtalsäurekrystallisationen, die der Verf. züchtete, um diese Trachtveränderungen zu studieren, befand sich eine, die Krystalle mit sehr schönen, krummen Flächen lieferte. Diese Krystalle wurden in folgender Weise erhalten: Eine in der Wärme gesättigte Lösung von Phtalsäure in Alkohol wurde über Nacht stehen gelassen, die Lösung von dem ausgeschiedenen Bodensatz abdecantiert und bei einer Temperatur von 13° bis 14° C. der Verdunstung überlassen. Nach einigen Tagen hatten sich viel größere Krystalle gebildet, als aus wässerigen Lösungen zu entstehen pflegen. Die Krystalle messen meistens 0,5 bis 1,0 cm und ähneln Fig. 3 in dem citierten Aufsatze von Muthmann und Ramsay. An den Krystallen (Fig. 1) sind die Flächen $m\{210\}$ und $q\{011\}$ groß, glänzend und vollkommen eben. An den Ecken aber, wo Muthmann und Ramsay die positive Hemipyramide $o\{\bar{2}12\}$ bestimmten, treten krumme Flächen auf. Die $m$-Flächen haben viel kleinere Centraldistanzen als die $q$-Flächen, woher die Krystalle dicktafelig sind. Die tafelförmige Ausbildung tritt dadurch noch mehr hervor, daß die Krystalle meistens in der Weise aufgewachsen

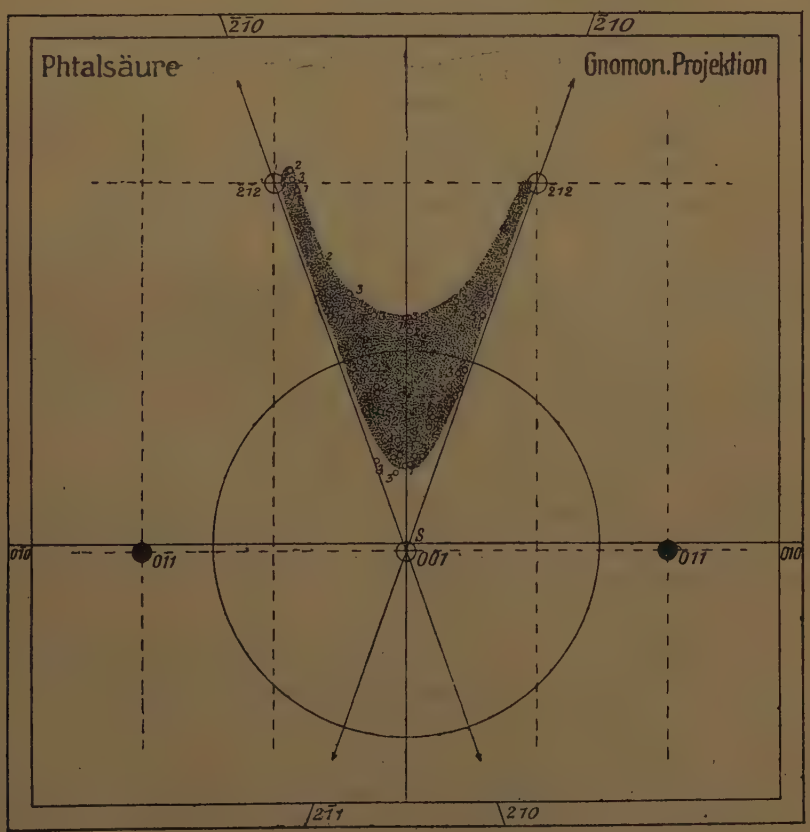
Fig. 1.




[1]) Muthmann und Ramsay, diese Zeitschr. 1889, **17**, 73.

sind, daß die *c*-Axe der Unterlage parallel oder annähernd parallel ist. Die krummen Flächen sind ganz glatt und schön spiegelnd, wobei sie infolge ihrer convexen Krümmung das Licht zerstreuen und die Signalbilder am Goniometer etwas schwächer reflectieren, als solche glänzende Flächen sonst tun. Die Krümmung ist eine stetige, keine Streifung oder treppenförmigen Bildungen mit scharfen Grenzen kommen vor. Die Richtungsänderung ist jedoch an allen Krystallen nicht ganz ideal, sondern es zeigen sich an den krummen Flächen spärliche, flache, wellenähnliche Unebenheiten, deren Mulden senkrecht zur Richtung der größten Krümmung oder der Hauptkrümmungszone stehen. Die relative Größe der krummen Flächen ist an

Fig. 2.




verschiedenen Krystallen nicht genau gleich, sondern variiert ein wenig, ebenso wie das Größenverhältnis der Hauptformen der Krystalle einer Mineralstufe innerhalb gewisser Grenzen wechselt.

Im gnomonischen Projectionsbilde (Fig. 2) lassen sich diejenigen Eigen-

schaften der krummen Flächen, welche sich auf ihre Richtung beziehen, genau studieren. Während gewöhnliche Krystallflächen sich im Projectionsbilde als Punkte (am Goniometer Lichtpunkte) abbilden, erscheinen die krummen Flächen als Linien (am Goniometer Lichtlinien), wenn sie nur in einer Zone gekrümmt sind und sich also als Teile einer Cylinderfläche denken lassen; oder als Flächen (am Goniometer Lichtgebiete), wenn sie sphärisch oder linsenförmig gekrümmt sind. Wie das Projectionsbild zeigt, sind die Krümmungen der Phtalsäure von der letzteren Art. Die Lichtgebiete der verschiedenen Krystalle nehmen im Projectionsbilde sehr nahe denselben Platz ein; so nähern sich dieselben beim Krystall Nr. 1 dem Pol auf 22°20′, bei Nr. 2 auf 24°45′, bei Nr. 3 auf 20°45′. Die äußersten Punkte der Lichtzüge sind am Krystall:

Nr. 1 bei $\varrho = 63°19'$, $\varphi = -\ 71°42'$
und $\varrho = 62\ 34$, $\varphi = -109\ 56$ $(= 180° - 70°\ 4')$
Nr. 2 bei $\varrho = 62\ 10$, $\varphi = -\ 69\ 55$
und $\varrho = 63\ 59$, $\varphi = -107\ 47$ $(= 180 - 72\ 13)$
Nr. 3 bei $\varrho = 62\ 15$, $\varphi = -\ 70\ 55$
und $\varrho = 63\ 15$, $\varphi = -108\ 13$ $(= 180 - 71\ 47)$

Die Differenzen der verschiedenen Messungen sind ein wenig größer als bei Messungen von gewöhnlichen Krystallflächen mit mittelguten Reflexen. Die Schärfe der Messungen leidet dadurch, daß man bei den Zügen das Fernrohr auf die Grenze des Lichtbildes einstellen muß und nicht wie gewöhnlich auf die Mitte eines Lichtpunktes einstellen kann. Bei Verwendung eines punktförmigen Signals verbessern sich die Resultate, und in solcher Weise sind die oben angeführten Winkelwerte erhalten worden. Die Messungen sind genügend sicher, um den Schluß zu gestatten, daß die Krümmungen der Flächen nicht durch die Gesetze der Krystallisation so genau bestimmt sind wie die Lage von freien Krystallflächen, daß ihre Lage aber annäherungsweise bestimmt ist.

Die Messungen am Goniometer, sowie an den auf dieselben basierten Projectionsbildern geben an, zwischen welchen Gradzahlen die Normalen der Flächen zu finden sind. Um Aufschluß über den Krümmungsradius (die Stärke der Krümmung) der verschieden krummen Flächen zu bekommen, wurden Krystalle unter dem Mikroskop in eine solche Lage gebracht, daß die Fläche {011} senkrecht zum Mikroskoptubus stand; darauf wurden mittels eines Objecttisches mit Mikrometerbewegung die Coordinaten vieler Punkte der Kanten dieser Fläche bestimmt. Fig. 3 und 4 zeigen die Begrenzung der Fläche {011} an den Krystallen Nr. 1 und 2. Die Grenzlinien gegen die krummen Flächen sind ganz stetig gekrümmt. In den beiden Bildern sind die Tangenten *kl* und *lm* nahezu parallel, was der aus den goniometrischen Messungen gefundenen Tatsache entspricht, daß die An-

fangs- und Endrichtungen der verschiedenen Flächen annähernd dieselben sind. Während am Krystall Nr. 1 die Curve im Anfang ein längeres Stück in der Nähe von der Tangente $kl$ bleibt und die größte Krümmung in $\frac{2}{3}$ des Abstandes von $k$ nach $m$ aufwies, ist am Krystall Nr. 2 die größte

Fig. 3.

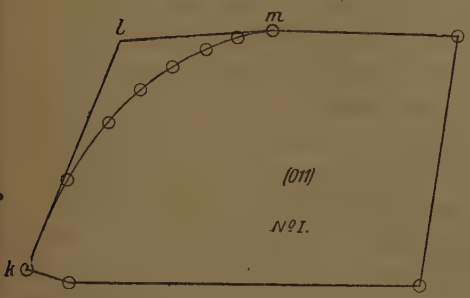
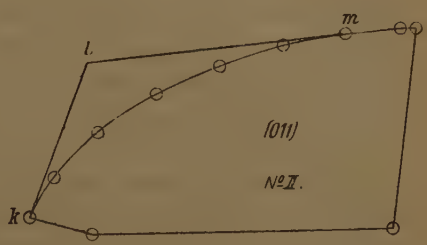



Fig. 4.




Krümmung in $\frac{1}{3}$ des Abstandes von $k$ nach $m$. Krystall Nr. 1 ist verhältnismäßig dicker als Nr. 2. Mit einer solchen Verschiedenheit der Dimensionen ist bei gewöhnlichen Krystallen eine Verschiedenheit des Größenverhältnisses der auftretenden Flächen, auch solcher, die nicht unmittelbar von der betreffenden Dimensionsveränderung abhängen, verbunden. Die Veränderung der Krümmungsstärke läßt sich mit diesen Größenveränderungen parallelisieren; der Verminderung der Flächen eines Zonenstückes entspricht eine zunehmende Krümmungsstärke. Die eben beschriebenen krummen Flächen sind beim ruhigen Wachsen der Krystalle entstanden und können also keine Lösungsformen oder Corrosionsflächen sein, sondern sind ihrer Entstehungsweise nach den gewöhnlichen Flächen vollkommen ebenbürtig.

Die krummen Flächen, die an den Mineralien auftreten, haben sehr wenig Beachtung gefunden. In manchen mineralogischen Handbüchern wird ihre Existenz kaum erwähnt und jedenfalls für eine Anomalie gehalten. So beginnt Tschermak[1]) das Capitel über Krystalle folgendermaßen: »Die Krystalle sind von ebenen Flächen begrenzte Körper«. Doch waren krumme Flächen, wenigstens am Diamant und Gyps, schon Haüy bekannt. In der krystallographischen Literatur findet man hier und da Angaben betreffend krumme Flächen, sodaß man jetzt von einer sehr großen Menge Mineralien weiß, daß sie unter Umständen solche Formen entwickeln können. In neuerer Zeit haben Becke[2]) und Goldschmidt[3]) diese Flächen zum Gegenstand ihrer Forschungen gemacht und die gefundenen Tatsachen aus verschiedenen Gesichtspunkten für die Theorie verwertet. Becke will

1) G. Tschermak, Lehrbuch der Mineralogie 5. Aufl., Wien 1907.
2) Becke, Tschermaks min. u. petr. Mitt. 1888, **10**, 93 und 1907, **26**, 404.
3) Goldschmidt, diese Zeitschr. 1896, **26**, 1.

hervorheben, daß das Auftreten dieser Flächen dem Zurückbleiben des Krystallwachstums in gewissen Krystallräumen zuzuschreiben ist. Die krummen Flächen werden von ihm für materialsparende Notbildungen gehalten und darum auch Notflächen genannt. Die Eigenschaft, materialsparend zu sein, haben aber diese Flächen gemeinsam mit allen Krystallformen, welche Kanten oder Ecken der herrschenden Formen abstumpfen bezw. »zuschärfen«. Wahrscheinlich hat Becke recht darin, daß Grenzgebiete zweier Krystallräume, die sehr verschieden starkes Wachstum zeigen, das Erscheinen von krummen Flächen begünstigen. Ist aber nicht auch das Vorkommen ebener seltener Flächen oft an diesen Umstand geknüpft? Die Frage nach dem Auftreten der krummen Flächen hängt eng zusammen mit der Frage, was überhaupt die Entwicklung von seltenen Formen mit hohen Indices und von formenreichen Krystallen bedingt. Für die endgültige Beantwortung dieser interessanten Frage ist Becke's hier referierte Idee sicher von großer Bedeutung. Goldschmidt nennt die krummen Flächen, die dem Formensystem eines Minerals angehören, Übergangsflächen und stellt sie den gewöhnlichen Krystallflächen zur Seite. Er betont ausdrücklich, daß diese ebensogut wie die ebenen typischen Flächen ein Product der Formenentwicklung sind und daß ähnliche formelle Bedingungen für ihre Lage am Krystall gelten, wie für die anderen Krystallflächen. Schließlich sagt er, daß diese Flächen ein Zeugnis dafür sind, daß, wie er sich ausdrückt, »die Action der flächenbildenden Punkte eine stetige ist«. Die Bezeichnung »Notflächen« will ich nicht recht gern verwenden, weil ich glaube, daß in diesem Namen auf eine Erklärung der Entstehung der Flächen zu viel Gewicht gelegt wird, während doch das Eigentümliche dabei ihre morphologische Ausbildung ist und weil es principiell wenig zweckmäßig ist, für Tatsachen oder gleichbedeutende Begriffe Bezeichnungen zu wählen, die aus der Hypothesenwelt geliehen sind. Goldschmidt's Wort, Übergangsflächen, ist aus der Erscheinungsform dieser Gebilde im Projectionsbild hergeleitet, indem dieselben dort als verbindende Linien von einem wichtigen Flächenpunkt zum anderen hinüberführen. Am Krystalle treten sie ja auch bisweilen als Übergänge zwischen zwei ebenen Flächen auf. Unter Übergangsflächen versteht Goldschmidt sowohl glatte, krumme Flächen als auch durch Oscillation oder Streifung entstandene Gebilde, die im Projectionsbild ausgezogene, mehr oder weniger ununterbrochene Züge liefern. Von gewissen Gesichtspunkten aus lassen sich diese Gebilde zu einer Gruppe unter einem Namen vereinigen, von anderen aus ist es dagegen vorteilhafter, dieselben auseinander zu halten. Becke[1]) hat wohl das Richtige getroffen, wenn er solche krumme Flächen, wie die hier an Phtalsäure beschriebenen, krumme Krystallflächen nennt. In diesem

1) Becke, Tschermaks min. u. petr. Mitt. 1907, 26, 404.

Ausdruck werden in glücklicher Weise ihre beiden charakteristischen Eigenschaften vereinigt, die Krummheit und die Angehörigkeit zur Formenreihe des Krystalles.

Die Tatsache, daß es krumme Krystallflächen gibt, ist von außerordentlich großer theoretischer Bedeutung. Diese Flächen sind durch ihre irrationalen Indices eine ausgesprochene Ausnahme vom Gesetz der einfachen, rationalen Parameterverhältnisse. Von diesem fundamentalen Gesetze haben wir zwar schon eine berühmte Ausnahme, die Vicinalflächen. Diese sind aber bis jetzt nicht genügend untersucht worden, um entscheiden zu können, ob sie rationale Indices besitzen, die nicht einfach sind, oder ob sie wirklich auch zu irrationalen Parameterzahlen führen. Jedenfalls müssen die Theorien des Krystallwachstums und der Krystallstructur der Zukunft erklären können, wie die krystallaufbauenden Kräfte unter Umständen eine Resultante ergeben können, die sich innerhalb gewisser Krystallräume mit der Richtung stetig ändert. Dieses Phänomen ist nämlich in der Natur gar nicht selten, sicher lange nicht so selten, wie ideal ausgebildete Krystalle. In scharfem Widerspruche steht dies Phänomen zu einer Auffassung, wonach die flächenbestimmenden Eigenschaften eines Krystalles bei Änderung der Richtung discontinuierlich wechseln. Eine solche Auffassung wird von Wallerant[1]) in seiner »Krystallographie« vertreten. Er will die Eigenschaften der Krystalle in zwei fundamentale Gruppen einteilen: diejenigen, welche sich mit der Richtung im Krystall stetig ändern, und diejenigen, welche discontinuierlich wechseln. Von den letzteren hängen die Form und die Spaltbarkeit ab. Nach Wallerant lassen sich die ersteren als Summe der bezüglichen Eigenschaften der parallel gestellten Moleküle darstellen, ohne daß dabei auf die Entfernungen der Moleküle voneinander Rücksicht genommen wird. Die letzteren können nach ihm nur unter Zuhilfenahme einer Raumgittertheorie erklärt werden. Wenn die Discontinuität dieser Eigenschaften bestritten wird, wird auch die Grundlage von Wallerant's großartigem Hypothesenbau in Frage gestellt. Nach dem, was jetzt über krumme Krystallflächen bekannt ist, ist dies aber kaum zu umgehen. Es ist sehr einfach, sich vorzustellen, daß die fraglichen Eigenschaften statt discontinuierlich variabel zu sein, sich vielmehr ganz stetig mit der Richtung ändern, wobei sie bestimmte Minima durchschreiten, deren Lage der Normalen der Spaltflächen und der anderen Krystallflächen entsprechen.

1) F. Wallerant, Cristallographie, Paris 1909.

# XXXVII. Beiträge zur Kenntnis der Minerale der Pyrit- und Markasitgruppe.

## Pyrit und Markasit.

Von

**Viktor Pöschl in Graz.**

(Mit 9 Textfiguren.)

---

### Inhalt.

Seite

§ 1. Einleitung . . . . . 573
§ 2. Untersuchungsmethoden:
1. Ermittelung der Krystallform . . . . . 574
2. Bestimmung der Dichte . . . . . 574
3. Untersuchung der Krystalloberfläche . . . . . 574
4. Ritzversuche . . . . . 576
5. Farbe der Krystalle . . . . . 576
§ 3. Versuche . . . . . 576
A. Pyrit von 1. Elba, {623} . . . . . 576
2. Elba, {201} . . . . . 579
3. Traversella, Piemont, {111} . . . . . 581
4. Kalsche, Bacher, {100} . . . . . 582
5. Kohlberg, S.O.-Rand des Bachergebirges, {100} . . . . . 583
6. Hüttenberg, Kärnten, {201} . . . . . 585
7. Seegraben bei Leoben, {201} . . . . . 587
8. Trofaiach, Steiermark, {100} . . . . . 587
9. Tavistock (Devonshire), England, {100} . . . . . 592
10. Schneidergraben, Gailtal, {100}, {111} . . . . . 595
11. Schemnitz, {201} . . . . . 597
12. Kaiser bei St. Kathrein im Tragößtale, Steiermark, {100}, {111} . . . . . 599
Künstlich angeschliffene Flächen an Pyrit . . . . . 601
Ergebnisse der Untersuchungen an Pyrit . . . . . 602
B. Markasit von 1. Brüx {101}, {011} . . . . . 605
2. Cornwall, England, {013} . . . . . 606
3. Folkestone, England, {013}, {011} . . . . . 607
4. Dux, Böhmen, {110}, {011}, {001} . . . . . 609

Seite
5. Littmitz, Böhmen, {013}, {011} . . . . . 609
6. Carterville, Missouri (Kammkies), {110}, {001} . . . . . 611
7. Zacatecas, Mexico, {101}, {011} . . . . . 611
Ergebnisse der Untersuchungen an Markasit . . . . . 613
§ 4. Ergebnisse der Ritzversuche . . . . . 613
Gesamtergebnisse . . . . . 616

## § 1. Einleitung.

Vergleicht man die Eigenschaften polymorpher Modificationen der gut bekannten Substanzen, so ergibt sich, daß die physikalischen Eigenschaften der polymorphen Modificationen im allgemeinen voneinander abweichen. Es gibt jedoch einige Paare heteromorpher Minerale (z. B. Pyrit-Markasit, Zinkblende-Wurtzit, Anatas-Brookit, Quarz-Tridymit), bei denen in einer Eigenschaft stets eine Übereinstimmung angegeben wird, nämlich in der Härte. Obgleich wir noch weit davon entfernt sind, diese Eigenschaft streng physikalisch zu begründen, so erschien es mir doch nicht ausgeschlossen, daß etwaige Unterschiede in der Härte mittels einer genaueren Meßmethode aufgedeckt werden könnten, wo sie früher nicht angegeben waren.

Zu diesem Zwecke unternahm ich es, die aufgeworfene Frage am Pyrit und Markasit näher zu bearbeiten und wählte zur Härtebestimmung die von mir im Vorjahre mitgeteilte Methode[1]). Ich darf wohl vorausschicken, daß diese Methode, sobald man bei ihrer Ausführung eine gewisse Übung erreicht hat, einen hohen Grad der Genauigkeit aufweist. Die Methode sollte mir gleichzeitig auch dazu dienen, die Frage zu entscheiden, ob krystallographisch verschiedene Flächen wirklich Härteunterschiede aufweisen, wie von Exner[2]) angenommen wurde.

Daß gerade Pyrit und Markasit zur Untersuchung herangezogen wurden, bedarf vielleicht einer kurzen Rechtfertigung. Wir haben hier verhältnismäßig leicht und in guter Qualität zu beschaffende Krystalle und zwar ohne ausgesprochene Spaltbarkeit vor uns. Es wird daher das Bild der Ritzversuche durch den Einfluß der Spaltung nicht getrübt.

Für die Erlangung des Arbeitsmaterials bin ich zunächst Herrn Prof. Dr. Scharizer dankbar, von dem auch die Anregung zu dieser Arbeit stammt. Weiter danke ich auch Herrn Prof. A. Sigmund, Custos der mineralogischen Abteilung des Joanneums, für die Überlassung einer Anzahl guter Krystalle.

---

1) V. Pöschl, Eine neue Methode der Härtemessung. Zeitschr. f. wiss. Mikr. 1909, 26, Hft. 1.

2) F. Exner, Die Härte an Krystallflächen. Wien 1873.

## § 2. Untersuchungsmethoden.

**1. Ermittelung der Krystallform.** Die krystallographische Bestimmung der Pyrite wurde bloß an denjenigen Krystallen durchgeführt, die außer {111} und {100} noch andere Formen zeigten. Oft waren jedoch an den untersuchten Krystallen die Flächen so unvollkommen entwickelt, daß keine deutlichen Reflexe zu erhalten und deshalb genaue Messungen unmöglich waren. In diesem Falle wurden die Indices der Flächen durch Winkelmessungen mit dem Anlegegoniometer annähernd bestimmt. Dies gilt auch für die Mehrzahl der Markasitkrystalle, die ja so leicht der Verwitterung unterliegen und schon deshalb sehr häufig matte Flächen aufweisen. Für krystallographische Messungen ungünstig sind auch die verschiedenen Streifungen der Oberfläche.

**2. Die Bestimmung der Dichte** konnte in Anbetracht der mitunter geringen Größe der untersuchten Krystalle und zur Erzielung vergleichbarer Resultate nur mittels des Pyknometers erfolgen. Die Wägungen geschahen stets mit ausgekochtem (von Luft möglichst befreitem) destilliertem Wasser unter Berücksichtigung der Zimmertemperatur bei der Wägung. Die Dichten wurden bis auf vier Decimalen berechnet, jedoch auf drei Decimalen abgerundet.

**3. Die natürliche Oberfläche der Krystalle** wurde mit Hilfe des Metallmikroskops von Rejtö[1]) untersucht. Das Instrument unterscheidet sich von dem gewöhnlichen Mikroskop in mehreren Punkten. Die Beleuchtung geschieht durch eine künstliche Lichtquelle — ich benutzte Auerlicht —, deren Strahlen in horizontaler Richtung kommend, durch eine Öffnung seitlich in den Tubus eintreten. Hier werden sie durch eine gegen die Horizontale um 45° geneigte Glasplatte vertical in der Richtung der Tubusaxe nach abwärts geworfen und erleuchten so das Object, das die Strahlen nun vertical wieder nach aufwärts durch das Ocular in das Auge des Beobachters gelangen läßt.

Das Gesichtsfeld ist nur dann gleichmäßig erleuchtet, wenn das möglichst kleine Strahlenbüschel der Lichtquelle die äußere Glasplatte im Tubus vollkommen passiert. Dies ist jedoch nur bei bestimmter Tubusstellung der Fall. Damit nun der Tubus immer diese fixe Stellung zur Lichtquelle behalten kann, ist das Mikroskop so eingerichtet, daß auch bei der Verwendung verschiedener Objective der Tubus nur ganz minimal (mit der Mikrometerschraube) verschoben zu werden braucht. Zu diesem Zwecke erfolgt die grobe Einstellung vermittels eines heb- und senkbaren Objecttisches, der keinerlei Beleuchtungseinrichtung trägt und außer in der verticalen Richtung auch vermittels zweier Schienenführungen in beiden Rich-

1) Bezogen von C. Reichert, Wien.

tungen der Horizontalebene bewegt werden kann. Die Einstellung beginnt daher in der Weise, daß man den Tubus in die oben bezeichnete fixe Lage zur Lichtquelle bringt. Hierauf gibt man das Object (den Krystall) auf den Objecttisch entweder direct oder auf einer Unterlage, auf welcher der Krystall mittels Klebwachs befestigt wird. Man hat schon hierbei darauf zu sehen, daß die zu untersuchende Fläche möglichst horizontal steht. Die genaue Horizontalstellung geschieht mit Hilfe zweier Schrauben, welche die Platte des Objecttisches zu neigen vermögen. Schließlich hebt man mittels der großen Triebschraube des Objecttisches diesen so weit, bis die Krystallfläche erleuchtet im Gesichtsfelde erscheint. Durch die zwei oben erwähnten Schienenführungen des Tisches kann bequem jede Stelle der Krystallfläche ins Gesichtsfeld gerückt werden.

Bei der Oberflächenuntersuchung wurden die Oculare II und IV, sowie die Objective 2, 5 und 7 (C. Reichert) verwendet, was einer 50—600fachen Vergrößerung entspricht. Für die meisten Untersuchungen wurden folgende Combinationen verwendet.

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| schwache Vergrößerung: | | Ocular II, | Objectiv 3 | |
| starke | - | a) | - II, | - 5 | |
| | | b) | - IV, | - 5 | (zur Messung). |

Die Messungen waren zweifacher Art: Tiefen- und Breitenmessungen. Erstere geschahen mit Hilfe der Mikrometerschraube (eine Schraubenhöhe gleich 0,3 mm, Umfang in 100 Teile geteilt; ein Teilstrich entspricht somit 3 $\mu$). Die Zahlen waren bis auf 1 $\mu$ genau. Die Breiten wurden mit Hilfe eines im Ocular angebrachten Maßstabes ermittelt. Für Ocular IV und Objectiv 5 entsprach ein Teilstrich 3 $\mu$, was mittels eines Objectmaßstabes festgestellt wurde.

Mit Hilfe dieser Meßmethoden konnten die Unebenheiten (Furchen usw.) an der Oberfläche ziffernmäßig festgelegt werden.

Zur Untersuchung wurden teils natürliche Krystallflächen, teils durch Schleifen erzeugte künstliche Flächen gewählt. Bei den erstgenannten geschah die Untersuchung sowohl in möglichst ursprünglichem Zustande als auch nach Reinigung mit trockener Watte. Die Unterschiede waren dabei stets nur gering. Mit freiem Auge betrachtet, trat nach dem Reinigen eine lebhaftere Politur hervor, die sich auch mikroskopisch durch Erhöhung der Gleichmäßigkeit in der Flächenbeschaffenheit zu erkennen gab. Die Erzeugung künstlicher Flächen geschah in der Weise, daß die Krystalle zunächst mittels eines Meißels nach einer bestimmten Richtung zerlegt wurden. Die Richtung konnte fast beliebig willkürlich gewählt werden, da bei den untersuchten Krystallen von Pyrit und Markasit die unvollkommene Spaltbarkeit nicht störend wirkte. Die erhaltenen unebenen Bruchformen wurden dann auf einer Carborundumscheibe geschliffen und

schließlich poliert. Die Politur war in keinem Falle vollkommen, was sich unter dem Mikroskop besonders deutlich zu erkennen gab. Es konnte auch durch Schleifen nicht annähernd die homogene Beschaffenheit vieler natürlicher Krystallflächen erreicht werden. Trotzdem waren die mit dem Sklerometer erzeugten Ritze scharf und gut meßbar.

**4. Die Ritzversuche** wurden an dem von mir l. c. beschriebenen Instrumente, welches eine Combination von Sklerometer und Mikroskop darstellt, vorgenommen. In kurzem besteht die Methode in folgendem.

Ein Sklerometer, dessen Construction dem von Seebeck und von Grailich und Pekárek[1]) ähnlich ist, wird horizontal gestellt. Dann wird der Krystall auf dem Tischchen des Sklerometerwagens so befestigt, daß die zu untersuchende Krystallfläche horizontal steht. Hierauf wird die Unterstützungssäule, die den Wagebalken mit der ritzenden Spitze trägt, in verticaler Richtung so verschoben, daß die Diamantspitze bei Horizontalstellung des Wagebalkens die Krystallfläche genau berührt. Die Ritze wurden bei einer Belastung von 10, 20 und 50 g durch Seitwärtsziehen des Wagens erzeugt. Sobald der Wagen möglichst zur Seite gezogen ist, befindet sich die Krystallfläche im Gesichtsfelde des früher (s. S. 574 ff.) beschriebenen Metallmikroskops, das in geeigneter Weise dem Sklerometer genähert werden kann. Ich verweise hier bezüglich aller Einzelheiten der Methode auf das in der eingangs citierten Abhandlung Gesagte.

**5. Farbe der Krystalle.** Die Farben, die die mikroskopischen Bilder bei Auerbeleuchtung bieten, schwanken (abgesehen von den Anlauffarben) vom hellsten Gelb bis zum Schwarz. Im auffallenden Gegensatze dazu stehen die Färbungen, die dieselben Flächen im Tageslicht darbieten. Das Tageslicht reicht allerdings nur bei Anwendung schwächerer Vergrößerungen hin, die Fläche genügend zu beleuchten. Dabei ergibt sich ein überraschendes Resultat. Jede Spur einer Gelbfärbung ist nun verschwunden und nur die Abstufungen vom reinen Weiß durch Grau in Schwarz sind wahrzunehmen.

## § 3. Versuche.

### A. Pyrit.

#### 1. Pyrit von Elba {632}.

Als Untersuchungsmaterial dienten zwei haselnußgroße, vorzüglich ausgebildete Dyakisdodekaëder {632} mit sehr gut spiegelnden Flächen.

Die Dichtebestimmung ergab für den

---

1) Vergl. Sitz.-Ber. d. Wiener Ak. 1854, 13, 440.

| | |
|---|---|
| 1. Krystall | 5,170 |
| 2. - | 5,168 |
| Im Mittel | 5,169 |

Beschaffenheit der Krystalloberfläche. Mit freiem Auge erscheinen die Flächen von einem äußerst feinen Streifensystem durchzogen, dessen Linien bei oberflächlicher Betrachtung der Combinationskante mit dem Würfel parallel zu gehen scheinen. Daß dies tatsächlich so ist, bestätigte die Untersuchung bei schwacher Vergrößerung.

Das feine Streifensystem zeigt eine besondere Gleichmäßigkeit in der Verteilung über die ganze Fläche. Mitunter wird es von kleinen dunklen Fleckchen mit unregelmäßiger Umrandung, aber mit deutlicher Schichtung am Rande, unterbrochen. Bei starker Vergrößerung erscheinen dieselben als die Mündungen von Trichtern; die tief in die Masse des Krystalls hineinreichen. Die Dimensionen dieser trichterartigen Vertiefungen schwanken bei drei Krystallen in horizontaler Richtung zwischen 240 und 350, 170 und 280 $\mu$, 150 $\mu$ und 250 $\mu$. Die bezüglichen Tiefen sind 103 $\mu$, 72 $\mu$ und 70 $\mu$. Die Seitenbegrenzungen der Trichter erscheinen im wesentlichen als muschelige Flächen, die aber analog den Verhältnissen am Pyrit vom Schneidergraben[1]) einen deutlich geschichteten Bau erkennen lassen. Die muscheligen Flächen sind nämlich von einer Anzahl paralleler Linien durchzogen, die als Enden der Schichten, welche den Krystall an dieser Stelle zusammensetzen, zu betrachten sind.

Das Streifensystem kaum verdeckend sind auch bisweilen zahlreiche Fleckchen zu bemerken, die meist himmelblau, rotbraun oder gelb, selten grünlich angelaufen sind. Als weitere Unebenheiten sind noch ganz seichte, unregelmäßig umrandete, aber hell gefärbte Fleckchen zu erwähnen, die möglicherweise natürliche Ätzfiguren vorstellen.

An den Stellen, wo sich die stets seichten Riefen des Streifungssystems der Krystallkante nähern, kommen ebenfalls muldenförmige Vertiefungen vor, die ein ganz ähnliches Structurbild wie die Trichter an den Krystallflächen aufweisen, nämlich muschelige Bruchflächen und darin verlaufende zur Oberfläche parallele Schichten.

Die feinen Riefen des Streifensystems sind 3—6 $\mu$ breit und 24—36 $\mu$ voneinander entfernt.

Bei der stärksten Vergrößerung, die ich noch bei der künstlichen Beleuchtung benutzen konnte (C. Reichert Objectiv 8, Ocular IV) nahm ich ferner noch ein weiteres, ganz besonders feines Streifensystem wahr, das sich mit dem zuerst beschriebenen Streifungssysteme unter einem Winkel von 22° kreuzte, also einem Dyakisdodekaëder parallel ging. Die Streifen

1) Vergl. diese Arbeit S. 595 u. 596.

## Tabelle I.

**Pyrit von Elba {632}. Breite der Ritze in $\mu$ bei Belastung von 50 g, 20 g und 10 g.**

1. Krystall.

| Richtung | 1. Fläche | | | | | | 2. Fläche | | | | | | 3. Fläche | | | | | | 4. Fläche | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50[1] | F[2] | 20[1] | F | 10[1] | F | 50 | F | 20 | F | 10 | F | 50 | F | 20 | F | 10 | F | 50 | F | 20 | F | 10 | F |
| 0° | 16,2 | | 12,0 | | 8,1 | | 16,1 | | 12,1 | | 7,9 | | 16,0 | | 12,0 | | 8,0 | | 15,9 | | 12,1 | | 8,0 | |
| 22½° | 16,0 | | 11,8 | | 7,8 | | 16,1 | | 11,9 | | 8,0 | | 15,8 | | 11,9 | | 7,8 | | 16,1 | | 11,9 | | 8,1 | |
| 45° | 16,1 | ±1,5 | 12,2 | ±1,5 | 8,3 | ±2 | 15,8 | ±1,5 | 11,8 | ±1,5 | 7,9 | ±1,5 | 16,1 | ±1,5 | 11,8 | ±2,0 | 8,1 | ±2 | 16,2 | ±1,5 | 11,8 | ±2 | 8,2 | ±2 |
| 67½° | 15,8 | | 11,9 | | 8,2 | | 15,9 | | 12,2 | | 8,1 | | 15,9 | | 12,2 | | 8,2 | | 15,8 | | 12,2 | | 7,8 | |
| 90° | 15,9 | | 12,1 | | 7,9 | | 16,1 | | 12,0 | | 8,1 | | 16,2 | | 12,1 | | 7,9 | | 16,0 | | 12,0 | | 7,9 | |

| Richtung | 5. Fläche | | | | | | 6. Fläche | | | | | | 7. Fläche | | | | | | 8. Fläche | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | F | 20 | F | 10 | F | 50 | F | 20 | F | 10 | F | 50 | F | 20 | F | 10 | F | 50 | F | 20 | F | 10 | F |
| 0° | 16,0 | | 12,0 | | 7,8 | | 16,0 | | 12,2 | | 8,1 | | 15,8 | | 12,1 | | 8,2 | | 16,1 | | 12,2 | | 7,8 | |
| 22½° | 15,8 | | 11,9 | | 7,9 | | 16,1 | | 12,1 | | 8,0 | | 15,9 | | 12,3 | | 8,0 | | 16,2 | | 12,0 | | 8,0 | |
| 45° | 15,9 | ±1 | 11,8 | ±1,5 | 8,2 | ±1 | 15,9 | ±1 | 12,0 | ±1 | 7,8 | ±1,5 | 16,1 | ±2 | 11,9 | ±1,5 | 7,9 | ±1 | 16,0 | ±1 | 11,8 | ±1,5 | 7,9 | ±2 |
| 67½° | 16,2 | | 12,0 | | 8,1 | | 15,8 | | 11,8 | | 7,9 | | 16,2 | | 11,9 | | 8,1 | | 16,0 | | 12,1 | | 8,1 | |
| 90° | 16,1 | | 12,2 | | 8,0 | | 16,2 | | 11,9 | | 8,2 | | 16,0 | | 11,8 | | 7,8 | | 15,8 | | 11,9 | | 8,2 | |

| Richtung | 9. Fläche | | | | | | 10. Fläche | | | | | | 11. Fläche | | | | | | 12. Fläche | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | F | 20 | F | 10 | F | 50 | F | 20 | F | 10 | F | 50 | F | 20 | F | 10 | F | 50 | F | 20 | F | 10 | F |
| 0° | 15,8 | | 12,2 | | 7,8 | | 15,9 | | 12,0 | | 7,8 | | 16,0 | | 11,9 | | 7,9 | | 16,0 | | 11,8 | | 8,1 | |
| 22½° | 15,9 | | 11,9 | | 7,9 | | 15,9 | | 12,0 | | 7,8 | | 16,0 | | 11,9 | | 7,9 | | 16,0 | | 11,9 | | 8,1 | |
| 45° | 16,0 | ±1 | 12,1 | ±1,5 | 8,1 | ±1 | 16,0 | ±1 | 12,0 | ±1,5 | 8,0 | ±2 | 16,0 | ±1 | 12,0 | ±2 | 8,1 | ±1,5 | 16,0 | ±2 | 12,0 | ±1,5 | 8,0 | ±1 |
| 67½° | 16,1 | | 12,1 | | 8,1 | | 16,0 | | 11,8 | | 8,0 | | 15,9 | | 12,0 | | 8,1 | | 16,0 | | 11,9 | | 8,0 | |
| 90° | 16,0 | | 12,0 | | 8,1 | | 16,2 | | 12,1 | | 8,0 | | 15,9 | | 12,0 | | 8,1 | | 15,9 | | 11,9 | | 8,0 | |

1) 50, 20, 10 bedeutet die Belastung in g.
2) F bedeutet den Fehler, der wegen seiner Constanz i. Folg. weggelassen wurde.

2. Krystall.

| Richtung | 50 | F | 20 | F | 10 | F |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0° | 16,0 | | 12,0 | | 8,0 | |
| 22½° | 16,0 | | 11,9 | | 8,0 | |
| 45° | 15,9 | ±1,5 | 12,0 | ±1,5 | 8,0 | ±1,5 |
| 67½° | 16,0 | | 12,0 | | 7,9 | |
| 90° | 16,0 | | 12,0 | | 8,0 | |

dieses Systems verlaufen discontinuierlich, ihre Breite beträgt 3 $\mu$, ihre Entfernung voneinander 2—3 $\mu$.

Von besonderem Interesse ist schließlich die Beschaffenheit der Krystallkanten. Sie liefern ein Bild, das fast an allen untersuchten Krystallen regelmäßig wiederkehrt. Man sieht nämlich ganz deutlich, wie am Rande der Flächen, an den Krystallkanten, Schichten sichtbar werden, die den Flächen des Dyakisdodekaëders parallel gehen. Es gewinnt dadurch den Anschein, als ob der Krystall durch Aufeinanderlagern von Schichten parallel dem Dyakisdodekaëder entstanden sei.

Ritzversuche wurden an je zwölf Flächen vorgenommen, die nicht benachbarten Oktanten angehören, und zwar an

| | | | |
|---|---|---|---|
| (623) | (6$\bar{2}\bar{3}$) | ($\bar{6}$23) | ($\bar{6}\bar{2}\bar{3}$) |
| (326) | (3$\bar{2}$6) | ($\bar{3}$26) | ($\bar{3}\bar{2}$6) |
| (263) | (2$\bar{6}\bar{3}$) | ($\bar{2}$63) | ($\bar{2}\bar{6}\bar{3}$) |

In der Tabelle auf S. 578 sind die Resultate der Ritzversuche eingetragen. Dabei gibt Längscolonne 1 die Richtungen an, nach denen das Ritzen ausgeführt wurde. 0° bedeutet hier wie bei allen folgenden Messungen die Richtung parallel zur Würfelkante. Quercolonne 1: Belastungsgrößen in g: 50, 20, 10, daneben die Fehlergrenzen. Die eingetragenen Zahlen sind hier und bei allen folgenden Bestimmungen Mittelwerte aus je sechs Messungen.

Da sich am ersten Krystall eine weitgehende Übereinstimmung der Beobachtungen ergab, so ist für den zweiten und jeden folgenden untersuchten Krystall das Mittel aus denjenigen Messungen in die Tabelle eingetragen worden, die sich, auf dieselbe Richtung und dieselbe Belastung aller untersuchter Flächen beziehen.

Aus der Betrachtung der Tabelle ergibt sich, daß zwischen den Ritzbreiten nach verschiedenen Richtungen auf derselben Fläche und auf den verschiedenen Flächen derselben Form nur sehr geringe Unterschiede vorliegen.

### 2. Pyrit von Elba {201}.

Die Dichtebestimmung von fünf lebhaft glänzenden, bohnengroßen Krystallen ergab folgende Zahlen:

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Krystall | 5,098 |
| 2. | - | 5,147 |
| 3. | - | 5,153 |
| 4. | - | 5,128 |
| 5. | - | 5,137 |
| | Mittelwert | 5,132 |

Beschaffenheit der Krystalloberfläche. Die lebhaft glänzenden Krystallflächen erscheinen bei genauer Betrachtung wie von feinen Adern durchzogen, die sich bei schwacher Vergrößerung als feine Risse zu erkennen geben. Bei starker Vergrößerung ist daneben noch ein aus äußerst feinen Rinnen bestehendes, der Würfelkante paralleles Streifensystem zu beobachten, bei dem die einzelnen Rinnen 3—6 $\mu$ breit und 8—20 $\mu$ voneinander entfernt sind.

Am ersten Krystall sind die Risse und Streifen am zahlreichsten. An den anderen Krystallen zeigen sich diese Unebenheiten in kleinerer Menge.

Die Ritzversuche sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Tabelle II.

Pyrit von Elba {201}. Mittel der Ritzbreiten in $\mu$.

| Richtung | Krystall 1 | | | Krystall 2 | | | Krystall 3 | | | Krystall 4 | | | Krystall 5 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| 0° | 16,0 | 12,0 | 8,1 | 16,0 | 12,0 | 8,0 | 16,0 | 12,0 | 8,1 | 16,0 | 12,1 | 8,0 | 16,0 | 12,0 | 7,9 |
| 22½° | 16,1 | 12,0 | 8,1 | 16,0 | 12,0 | 7,9 | 15,9 | 11,9 | 7,9 | 16,0 | 12,0 | 7,9 | 15,9 | 12,1 | 8,0 |
| 45° | 16,1 | 12,1 | 8,0 | 16,0 | 12,1 | 8,0 | 15,9 | 11,9 | 7,9 | 16,1 | 12,0 | 8,0 | 16,0 | 12,0 | 8,0 |
| 67½° | 16,0 | 12,1 | 8,1 | 15,9 | 12,0 | 8,0 | 15,9 | 11,9 | 7,9 | 16,0 | 12,0 | 8,0 | 16,0 | 12,0 | 8,0 |
| 90° | 15,9 | 12,0 | 8,0 | 15,9 | 12,0 | 8,0 | 15,9 | 12,0 | 8,1 | 16,0 | 12,0 | 8,0 | 16,1 | 12,0 | 8,0 |
| Mittel | 16,02 | 12,04 | 8,06 | 15,96 | 12,02 | 7,98 | 15,92 | 11,94 | 7,98 | 16,02 | 12,02 | 7,98 | 16,00 | 12,02 | 7,98 |

Es wurden an jedem Krystalle sechs verschiedene Flächen untersucht. Die Tabelle zeigt, daß die Unterschiede der Ritzbreiten nach den verschiedenen Richtungen sehr gering sind und (im Mittel) nur 0,1—0,2 $\mu$ betragen.

Die Übereinstimmung der Messungen an den verschiedenen Krystallen ist eine sehr gute. Man erkennt jedoch kleine Abweichungen, die mit den Dichten in Beziehung zu stehen scheinen, was aus folgender Zusammenstellung ersichtlich ist:

| | Dichte: | Ritzbreite (Mittel) in $\mu$ bei der Belastung von 50 g | 20 g | 10 g |
|---|---|---|---|---|
| Krystall 3: | 5,153 | 15,92 | 11,94 | 7,98 |
| - 2: | 5,147 | 15,96 | 12,02 | 7,98 |
| - 5: | 5,137 | 16,00 | 12,02 | 7,98 |
| - 4: | 5,128 | 16,02 | 12,02 | 7,98 |
| - 1: | 5,098 | 16,02 | 12,04 | 8,06 |

Man erkennt hieraus, daß Krystalle höherer Dichte einen geringeren Grad von Ritzbarkeit erkennen lassen.

### 3. Pyrit von Traversella, Piemont, {111}.

Verwendet wurden zwei große Oktaëder mit gleichmäßig ausgebildeten Flächen, die dem freien Auge mäßig glänzend und vollkommen eben erschienen.

Die Dichte des ersten Krystalls war 5,134
- - - zweiten - - 5,137
Mittel 5,1355

Die mikroskopische Untersuchung hatte folgendes Ergebnis:

Die Krystalloberfläche war sehr lebhaft glänzend und wies eine Anzahl von Streifensystemen auf, deren Richtung auf den verschiedenen Stellen einer und derselben Fläche verschieden war. Sämtliche Streifen erschienen als außerordentliche feine Linien, deren Breite stets unter 3 $\mu$ betrug. Bei sehr starker Vergrößerung (Objectiv 8, Ocular IV) ist deutlich wahrzunehmen, daß je vier Flächen des Oktaëders und zwar solche, die zusammen einem Tetraëder entsprechen würden, voneinander durch die Verschiedenheit der Schichtensysteme bezw. deren Linien unterscheidbar sind. Vier Oktaëderflächen enthalten etwa doppelt so viele Streifen ($O_1$) als die anderen vier ($O_2$). Eine Unterscheidung nach der Richtung der Systeme ist jedoch nicht möglich.

Die nachfolgende Tabelle enthält die Mittelwerte der Ritzbreiten für je vier einem Tetraëder entsprechende Oktaëderflächen.

Tabelle III.

Pyrit von Traversella. Mittel der Ritzbreiten in $\mu$.

| 1. Krystall | $O_1$ | | | $O_2$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 16,8 | 12,6 | 8,4 | 17,0 | 12,9 | 8,6 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 16,8 | 12,5 | 8,5 | 17,1 | 12,8 | 8,6 |
| $45^0$ | 16,7 | 12,5 | 8,5 | 17,1 | 12,8 | 8,6 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 16,8 | 12,5 | 8,5 | 17,1 | 12,8 | 8,6 |
| $90^0$ | 16,8 | 12,5 | 8,5 | 17,1 | 12,8 | 8,6 |
| Mittel | 16,78 | 12,52 | 8,48 | 17,08 | 12,82 | 8,60 |

| 2. Krystall | $O_1$ | | | $O_2$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 16,7 | 12,5 | 8,4 | 17,0 | 12,8 | 8,7 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 16,8 | 12,5 | 8,4 | 17,0 | 12,8 | 8,6 |
| $45^0$ | 16,8 | 12,5 | 8,5 | 17,1 | 12,8 | 8,6 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 16,8 | 12,6 | 8,5 | 17,0 | 12,9 | 8,6 |
| $90^0$ | 16,8 | 12,5 | 8,5 | 17,0 | 12,8 | 8,6 |
| Mittel | 16,78 | 12,52 | 8,46 | 17,02 | 12,82 | 8,62 |

Aus der Tabelle ersieht man, daß die Ritzbreiten auf derselben Flächengruppe ($O_1$ bezw. $O_2$) nur um 0,1 $\mu$ voneinander abweichen, daß aber der Unterschied zwischeu $O_1$ und $O_2$ auch in der Ritzbreite deutlich zum Ausdruck kommt.

| | Ritzbreite (in $\mu$) bei Belastung von | | |
|---|---|---|---|
| | 50 g | 20 g | 10 g |
| $O_1$, Krystall 1: | 16,78 | 12,52 | 8,48 |
| $O_1$, - 2: | 16,78 | 12,52 | 8,46 |
| $O_2$, - 1: | 17,08 | 12,82 | 8,60 |
| $O_2$, - 2: | 17,02 | 12,82 | 8,62 |

Die Flächen der mit $O_1$ bezeichneten Form sind demnach schwieriger ritzbar als die von $O_2$. Wenn auch die Differenz gering ist, so ist sie doch merklich und constant.

### 4. Pyrit von Kalsche, Bacher, {100}.

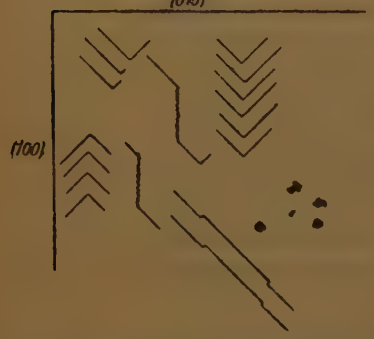
Zur Untersuchung dienten drei kleine lebhaft glänzende Würfel, deren Flächen dem freien Auge gut ausgebildet erschienen.

Die Dichtebestimmung ergab folgende Zahlen:

| | |
|---|---|
| 1. Krystall | 5,123 |
| 2. - | 5,132 |
| 3. - | 5,139 |
| Als Mittel | 5,1313 |

Beschaffenheit der Krystalloberfläche. Die mit freiem Auge sichtbare Homogenität war auch bei schwacher Vergrößerung noch gut zu erkennen. Die Flächen erschienen hier fast spiegelglatt und lebhaft glänzend. Die Homogenität wurde nur durch eine Anzahl feiner Linien unterbrochen, deren Verlauf in Fig. 1 wiedergegeben ist.

Fig. 1.




Es sind bald einzelne geknickte Linien, bald parallele Systeme von solchen zu bemerken. Dem Verlaufe nach entsprechen die Linien bisweilen den Würfelkanten oder sind, wie es viel häufiger der Fall ist, unter 45° dazu geneigt, also der Combinationskante von {100} und {111} parallel. Die letzteren Linien sind stets auffallend dünn, während die zu den Würfelkanten parallelen Linien breiter sind und oft als matte Bändchen erscheinen. Bei starker Vergrößerung zeigt sich, daß die zur Würfelkante parallel verlaufenden anscheinend einheitlichen Linien sich in zickzackförmige Linien

auflösen, deren Partialelemente unzweifelhaft zu den unter 45° geneigten Linien parallel sind. Es gehören demnach sämtliche Linien dieser letzteren Richtung an.

Außer den Linien werden bisweilen schon bei schwacher Vergrößerung graue Flecken sichtbar, die sich bei starker Vergrößerung in kleine Gruppen vertiefter Stellen auflösen. Dieselben haben keine deutliche geradlinige Begrenzung, sondern erscheinen nur meistens rundlich umrandet (s. Fig. 1).

An den meisten der untersuchten Flächen kehren die beschriebenen Verhältnisse wieder. An manchen sind die Linien schärfer und dann erkennt man deutlich, daß sie mit dem Schichtenbau der Krystalle im Zusammenhange stehen. An manchen Flächen ist dieser Schichtenbau der Oberfläche so deutlich, daß die Höhendifferenzen mittels der Mikrometerschraube gemessen werden können. Die Niveauunterschiede betragen stets unter 6 $\mu$, meist 3—4 $\mu$.

Die Ritzversuche wurden an je vier verschiedenen Krystallflächen ausgeführt. (Siehe folgende Tabelle.)

Tabelle IV.

Pyrit von Kalsche {100}. Mittel der Ritzbreite in $\mu$.

| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0° | 16,9 | 12,7 | 8,7 | 16,9 | 12,7 | 8,7 | 17,0 | 12,6 | 8,7 |
| 22½° | 17,0 | 12,7 | 8,6 | 17 | 12,6 | 8,7 | 17,0 | 12,7 | 8,6 |
| 45° | 17,0 | 12,7 | 8,7 | 17 | 12,7 | 8,6 | 16,9 | 12,7 | 8,7 |
| 67½° | 17,0 | 12,7 | 8,7 | 16,9 | 12,7 | 8,7 | 17,0 | 12,7 | 8,7 |
| 90° | 17,0 | 12,7 | 8,7 | 17,0 | 12,7 | 8,7 | 17,0 | 12,7 | 8,7 |

Es herrscht auch hier eine gute Übereinstimmung sowohl zwischen den Ritzbreiten derselben Fläche, als auch zwischen denen der verschiedenen Krystalle nach allen Richtungen.

### 5. Pyrit von Kohlberg, S.-Rand des Bachergebirges, {100}.

Es wurden 42 kleine, gut ausgebildete Krystalle untersucht. Die Dichtebestimmung wurde mit acht Krystallen durchgeführt; ich fand für den

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Krystall | 5,134 |
| 2. | - | 5,130 |
| 3. | - | 5,140 |
| 4. | - | 5,129 |
| 5. | - | 5,127 |
| 6. | - | 5,128 |
| 7. | - | 5,129 |
| 8. | - | 5,133 |
| | Im Mittel | 5,131 |

Ferner dienten sämtliche Krystalle zusammen zur Bestimmung einer mittleren Dichte mit dem Pyknometer, wobei ich als Resultat 5,130 erhielt, also eine treffliche Übereinstimmung.

Beschaffenheit der Krystalloberfläche. Mit freiem Auge wäre dieselbe an den meisten Krystallen als ideal zu bezeichnen gewesen. Die Flächen erschienen vollkommen spiegelglatt, ohne jedwede Unterbrechung oder Ungleichmäßigkeit. Bei schwacher Vergrößerung waren die Flächen wohl hellglänzend, aber keineswegs mehr vollkommen structurlos. Abgesehen von einigen getrübten Stellen waren deutlich Streifungssysteme zu erkennen:

1. Ein Streifensystem parallel der Würfelkante, bestehend aus feinen Linien.
2. Ein Streifensystem unter 45° dazu geneigt mit deutlich stärkeren Linien parallel der Zonenaxe (100):111).

Fig. 2.




Wie Fig. 2 zeigt, dürfte als Ursache dieser Streifensysteme der Schichtenbau anzusehen sein, wobei als Begrenzung der Schichten abwechselnd Flächen von der Würfel- und Oktaëderzone Anteil nehmen. Zur selben Erkenntnis kommt man bei der Betrachtung der Ränder der Krystalle. Bei starker Vergrößerung treten diese Verhältnisse noch schärfer hervor. Die Höhendifferenz zweier Schichten am Rande beträgt 2—6 $\mu$; dieselbe Entfernung zeigen auch die Schichten am Rande der muscheligen Bruchflächen.

Außer dem schon oben beschriebenen groben Streifungssystem ist auch noch ein feineres zu beobachten, aus feinsten wie Spinnenfäden aussehenden Linien bestehend.

Vereinzelt sind grün oder gelb irisierende Fleckchen wahrzunehmen.

Ritzversuche. Die Mittelwerte, die sich für die Flächen eines Krystalls nach einer bestimmten Ritzrichtung ergeben haben, sind in der nachfolgenden Tabelle eingetragen (s. S. 585).

Aus der Tabelle ersieht man, wie schon früher (S. 580 und 583) festgestellt wurde, nur geringe Schwankungen in der Ritzbarkeit. Letztere ist also an den verschiedenen Krystallen nach allen Richtungen gleich.

Tabelle V.

Pyrit von Kohlberg {100}. Mittel der Ritzbreiten in $\mu$.

| Richtung | 1. Krystall | | | 5. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 17,0 | 12,5 | 8,6 | 17,1 | 12,7 | 8,7 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 17,0 | 12,6 | 8,6 | 17,1 | 12,7 | 8,6 |
| $45^0$ | 17,1 | 12,6 | 8,5 | 17,0 | 12,6 | 8,6 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 17,0 | 12,6 | 8,6 | 17,0 | 12,7 | 8,7 |
| $90^0$ | 17,0 | 12,6 | 8,6 | 17,1 | 12,6 | 8,6 |

| Richtung | 2. Krystall | | | 6. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 17,1 | 12,6 | 8,6 | 17,1 | 12,6 | 8,7 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 17,1 | 12,6 | 8,6 | 17,0 | 12,7 | 8,6 |
| $45^0$ | 17,0 | 12,6 | 8,7 | 17,0 | 12,7 | 8,7 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 17,0 | 12,7 | 8,6 | 17,1 | 12,6 | 8,7 |
| $90^0$ | 17,0 | 12,6 | 8,6 | 17,1 | 12,7 | 8,6 |

| Richtung | 3. Krystall | | | 7. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 17,0 | 12,6 | 8,6 | 17,1 | 12,7 | 8,7 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 17,0 | 12,5 | 8,6 | 17,1 | 12,6 | 8,6 |
| $45^0$ | 16,9 | 12,5 | 8,5 | 17,0 | 12,6 | 8,7 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 17,0 | 12,6 | 8,6 | 17,1 | 12,7 | 8,7 |
| $90^0$ | 17,0 | 12,6 | 8,6 | 17,0 | 12,7 | 8,6 |

| Richtung | 4. Krystall | | | 8. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 17,1 | 12,7 | 8,6 | 17,0 | 12,6 | 8,6 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 17,1 | 12,7 | 8,6 | 17,0 | 12,6 | 8,6 |
| $45^0$ | 17,0 | 12,6 | 8,6 | 17,1 | 12,6 | 8,5 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 17,0 | 12,6 | 8,7 | 17,0 | 12,5 | 8,6 |
| $90^0$ | 17,0 | 12,6 | 8,7 | 17,1 | 12,6 | 8,6 |

### 6. Pyrit von Hüttenberg, Kärnten, {201}.

Zur Untersuchung dienten fünf Krystalle {201} aus dem Spateisenstein. Die Krystalle waren allseitig gleichmäßig ausgebildet.

Die Dichtebestimmung ergab für den

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Krystall | 5,087 |
| 2. | - | 5,099 |
| 3. | - | 5,113 |
| 4. | - | 5,089 |
| 5. | - | 5,078 |
| | Mittel | 5,093 |

Beschaffenheit der Oberfläche. Mit freiem Auge betrachtet, erscheinen die Krystalle gleichmäßig glänzend. Bei schwacher Vergrößerung ist der Glanz weniger lebhaft wegen zahlreicher Unebenheiten, die nun zur vollen Wirkung kommen. Wird eine stärkere Vergrößerung angewendet, so glänzt die Fläche wieder lebhaft, weil jetzt der Einfluß der Unebenheiten auf das untersuchte Flächenstück wieder geringer wird. Die Fläche erscheint nun zum größten Teile homogen und zeigt nur eine Art von Unebenheiten, nämlich kleine, ungefähr elliptische Vertiefungen. Sie sind untereinander fast gleich groß, ungefähr 4—6 $\mu$ lang und 3 $\mu$ breit, an einem Ende deutlich verbreitet (also monosymmetrisch). Eine nähere Bestimmung von Form und Tiefe war wegen der Kleinheit derselben unmöglich. Doch scheint die grobe Gestalt derselben mit der bisher behaupteten Symmetrie der Pyritkrystalle im Widerspruch zu stehen. Diese Vertiefungen sind ausnahmslos so orientiert, daß ihre Längsrichtung der Würfelkante parallel liegt. Sie sind, stets die angegebene Orientierung einhaltend, zu vielen neben- und hintereinander gelagert. Außer diesen Fleckchen sind keine Unebenheiten wahrzunehmen.

Ritzversuche. Die Mittelwerte, die sich für die Flächen eines Krystalls nach einer bestimmten Ritzrichtung ergeben haben, sind in nachfolgender Tabelle eingetragen. An jedem Krystalle wurden die Ritzversuche an sechs Flächen und zwar an (102), ($\bar{1}02$), (021), (02$\bar{1}$), ($\bar{2}\bar{1}0$) und ($\bar{1}\bar{2}0$) durchgeführt.

Tabelle VI.

Pyrit von Hüttenberg {201}. Mittel der Ritzbreiten in $\mu$.

| Richtung | 1. Krystall | | | 2. Krystall | | | 3. Krystall | | | 4. Krystall | | | 5. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 16,8 | 12,4 | 8,6 | 16,8 | 12,5 | 8,6 | 16,7 | 12,4 | 8,6 | 16,8 | 12,5 | 8,7 | 16,8 | 12,5 | 8,7 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 16,7 | 12,5 | 8,6 | 16,7 | 12,4 | 8,6 | 16,7 | 12,4 | 8,5 | 16,7 | 12,5 | 8,6 | 16,9 | 12,5 | 8,7 |
| $45^0$ | 16,8 | 12,5 | 8,7 | 16,7 | 12,4 | 8,6 | 16,7 | 12,5 | 8,5 | 16,7 | 12,4 | 8,6 | 16,8 | 12,4 | 8,6 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 16,7 | 12,4 | 8,6 | 16,8 | 12,4 | 8,7 | 16,8 | 12,4 | 8,6 | 16,8 | 12,5 | 8,6 | 16,8 | 12,5 | 8,6 |
| $90^0$ | 16,8 | 12,5 | 8,6 | 16,8 | 12,5 | 8,6 | 16,7 | 12,5 | 8,6 | 16,8 | 12,5 | 8,6 | 16,8 | 12,5 | 8,6 |
| Mittel | 16,76 | 12,46 | 8,62 | 16,78 | 12,44 | 8,62 | 16,72 | 12,44 | 8,56 | 16,76 | 12,48 | 8,62 | 16,82 | 12,48 | 8,6 |

Stellt man die Mittelwerte der Ritzversuche mit den Dichten der Krystalle übersichtlich zusammen, so sieht man, daß die Ritzbreite zunimmt, wenn die Dichte abnimmt (vgl. S. 580):

| | | Ritzbreite in $\mu$ bei der Belastung von | | |
|---|---|---|---|---|
| | Dichte: | 50 g | 20 g | 10 g |
| Krystall 3: | 5,113 | 16,72 | 12,44 | 8,56 |
| - 2: | 5,099 | 16,76 | 12,44 | 8,62 |
| - 4: | 5,089 | 16,76 | 12,48 | 8,62 |
| - 1: | 5,087 | 16,76 | 12,46 | 8,62 |
| - 5: | 5,078 | 16,82 | 12,48 | 8,64 |

### 7. Pyrit vom Seegraben bei Leoben {201}.

Untersucht wurden vier erbsengroße Krystalle, welche außer dem Pentagondodekaëder {201} noch eine Anzahl vicinaler Flächen zeigen. Sämtliche Flächen erscheinen dem freien Auge schwach glänzend und sind von Anlauffarben überzogen.

Die Dichtebestimmung ergab folgendes Resultat:

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Krystall | 5,101 |
| 2. | - | 5,087 |
| 3. | - | 5,074 |
| 4. | - | 5,068 |
| | Mittel | 5,083 |

Beschaffenheit der Krystalloberfläche. Auf den Flächen war parallel dem Würfel bei schwacher Vergrößerung ein Riefensystem und überall ein deutliches Irisieren zu bemerken. Das Riefensystem war besonders auf den Vicinalflächen deutlich. Auf den Flächen von {201} war es oft nur als feinste Streifung vorhanden. Der Untersuchung wurden nur die breiten Pentagondodekaëderflächen unterzogen.

Bei starker Vergrößerung erschien das Riefensystem aus feinsten parallelen Linien zusammengesetzt. Außerdem waren noch hin und wieder 3—5 $\mu$ große, unregelmäßig umrandete Fleckchen wahrzunehmen.

Ritzversuche. An jedem Krystalle wurden, wie S. 586 angegeben, sechs Flächen untersucht. Die Resultate, die aus der folgenden Tabelle VII hervorgehen, sind analog den früher angegebenen. Die Ritzbarkeit im Mittel ist bis auf 0,1—0,2 $\mu$ bei allen Flächen sämtlicher Krystalle übereinstimmend. Der erste Krystall, der die höchste Dichte hat, erscheint am schwersten ritzbar.

Tabelle VII.

Pyrit vom Seegraben {201}. Mittel der Ritzbreiten in $\mu$.

| Richtung | 1. Krystall | | | 2. Krystall | | | 3. Krystall | | | 4. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 16,9 | 12,5 | 8,8 | 17,1 | 12,5 | 8,7 | 17,1 | 12,5 | 8,7 | 17,1 | 12,6 | 8,7 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 17,0 | 12,4 | 8,7 | 17,1 | 12,6 | 8,7 | 17,1 | 12,6 | 8,8 | 17,1 | 12,5 | 8,8 |
| $45^0$ | 17,0 | 12,5 | 8,7 | 17,0 | 12,6 | 8,8 | 17,1 | 12,6 | 8,8 | 17,0 | 12,5 | 8,8 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 16,9 | 12,5 | 8,8 | 17,0 | 12,5 | 8,8 | 17,0 | 12,5 | 8,7 | 17,1 | 12,6 | 8,8 |
| $90^0$ | 16,9 | 12,5 | 8,7 | 17,1 | 12,5 | 8,7 | 17,1 | 12,6 | 8,8 | 17,0 | 12,6 | 8,7 |
| Mittel | 16,94 | 12,48 | 8,74 | 17,06 | 12,54 | 8,74 | 17,08 | 12,56 | 8,76 | 17,06 | 12,56 | 8,76 |

### 8. Pyrit von Trofaiach {100}, {111}.

Zur Untersuchung dienten acht Krystalle, die außer dem vorherrschenden {100} untergeordnet das Oktaëder {111} aufwiesen.

Die Dichte wurde mit Hilfe des Pyknometers bestimmt, es ergaben sich folgende Zahlen:

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Krystall | 5,079 |
| 2. | - | 5,103 |
| 3. | - | 5,093 |
| 4. | - | 5,084 |
| 5. | - | 5,140 |
| 6. | - | 5,121 |
| 7. | - | 5,095 |
| 8. | - | 5,101 |
| Mittel aus den acht Bestimmungen | | 5,101 |

Beschaffenheit der Krystalloberfläche. a) Würfel. Auf den Würfelflächen tritt ein primäres und ein secundäres Streifungssystem auf. Ersteres ist schon mit freiem Auge sichtbar und entfaltet sich bei schwacher Vergrößerung als ein System von Riefen, die einer Würfelkante parallel verlaufen. Ihre Abstände betragen 10—150 $\mu$. Die dazwischenliegende Oberfläche ist größtenteils homogen und erscheint lebhaft glänzend. Die Riefen erscheinen als dunkle Linien, deren Stärke (Breite) zwischen 15 und 60 $\mu$ schwankt. Wenn die Riefen sich einem riefenarmen Teile der Oberfläche nähern, werden sie nicht nur schmäler und keilen aus, sondern biegen sich manchmal auch bogenförmig. Auch Unterbrechungen der Riefen, wie bei gestrichelten Linien, sind zu beobachten.

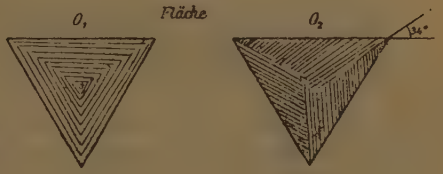
Neben dem primären oder Hauptstreifensystem tritt bei stärkerer Vergrößerung noch ein sehr feines, secundäres auf. Dieses erscheint in Form außerordentlich feiner, 1—2 $\mu$ breiter, 1—3 $\mu$ voneinander entfernter Linien. Diese feinen Linien schneiden das primäre System unter 45°, liegen also einer Oktaëderkante parallel. Es ist ausdrücklich hervorzuheben, daß das feine Streifungssystem auf der ganzen Fläche nur eine Richtung beibehält, und daß das zweite senkrecht dazu stehende, nicht vorhanden ist, wie es die pentagonale Hemiëdrie erfordern würde. Ob die Elemente des Streifensystems Riefen sind, läßt sich bei der Kleinheit nicht mehr feststellen.

Bei schwacher Vergrößerung lassen sich auch deutliche Vertiefungen, die von unregelmäßig ausgesprungenen Rändern begrenzt sind, wahrnehmen. Diese Ränder sind bei starker Vergrößerung als Flächen muscheligen Bruches zu erkennen. Die Vertiefungen reichen von der Würfeloberfläche bis auf 150 $\mu$ Tiefe in die Masse des Krystalls hinein, wo sie dann in einer Spitze endigen. Gegen die Oberfläche zu wird die Neigung der Begrenzungsfläche des Trichters immer geringer und an Stelle der scheinbar muscheligen Begrenzungsflächen tritt ein wellig verlaufendes Streifensystem, das dem Schichtenbau seine Entstehung verdankt. Dieselbe Schichtung tritt auch an den Kanten auf, wenn diese der vollen Schärfe entbehren, was sehr häufig der Fall ist.

An manchen Stellen der Krystallfläche treten außerdem noch unregelmäßige Risse auf, sodaß diese Stellen wie zerklüftet erscheinen.

b) Oktaëder. Die Oktaëderflächen lassen sich in zwei verschiedene Gruppen teilen, und zwar stimmen immer diejenigen in der Beschaffenheit überein, die in den, den Tetraëderflächen entsprechenden Oktanten liegen. Die Unterschiede dieser beiden Gruppen sind jedoch derart, daß sie nicht mit freiem Auge gefunden werden können, sondern erst bei mikroskopischer Untersuchung hervortreten. Man erkennt dann, daß die Flächen, welche dem freien Auge höchstens ein bald mehr, bald weniger mattes Aussehen bieten, wesentlich verschieden sind. Die eine Gruppe solcher Flächen — die mit $O_1$ bezeichnet werden möge — zeigt ein zwar nicht scharf, doch deutlich genug ausgebildetes Streifensystem parallel den Würfelkanten. Bei den anderen vier Flächen — $O_2$ — ist das Streifensystem deutlich schief zu dieser Kante (s. Fig. 3). Da dieses Streifungssystem unter 34° geneigt zur Kante liegt, so wäre es senkrecht auf die Zone vom Oktaëder zu einem Pentagondodekaëder, ungefähr {210}. Die Streifensysteme erstrecken sich jedoch nicht gleichmäßig über die ganze Fläche, sondern zeigen sehr häufig Unterbrechungen und die Teile eines unterbrochenen Streifens sind nicht von gleicher Breite.

Fig. 3.




Ritzversuche erfolgten an jedem Krystalle an drei aneinander grenzenden Würfelflächen und an vier Oktaëderflächen.

Die Betrachtung der folgenden Tabelle lehrt, daß die Ritzbarkeit, wie früher bereits mehrfach hervorgehoben wurde, nach allen Richtungen einer und derselben Fläche gleich ist.

Tabelle VIII.

Pyrit von Trofaiach. Mittel der Ritzbreiten in $\mu$.

| | {100} | | | {111} $O_1$ | | | {111} $O_2$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. Krystall. | | | | | | | | | |
| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| 0° | 17,3 | 12,9 | 9,0 | 17,3 | 12,8 | 8,9 | 18,4 | 13,4 | 9,4 |
| 22½° | 17,2 | 13,0 | 8,9 | 17,3 | 12,9 | 8,9 | 18,3 | 13,3 | 9,3 |
| 45° | 17,3 | 12,9 | 9,0 | 17,2 | 12,8 | 8,9 | 18,2 | 13,3 | 9,4 |
| 67½° | 17,2 | 12,9 | 9,0 | 17,3 | 12,8 | 9,0 | 18,3 | 13,4 | 9,4 |
| 0° | 17,3 | 12,9 | 8,9 | 17,2 | 12,8 | 9,0 | 18,3 | 13,3 | 9,3 |
| Mittel | 17,36 | 12,92 | 8,96 | 17,26 | 12,82 | 8,94 | 18,3 | 13,34 | 9,34 |

{100} {111} $O_1$ {111} $O_2$

2. Krystall.

| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $0^0$ | 17,2 | 12,9 | 8,8 | 17,2 | 12,8 | 8,8 | 18,1 | 13,2 | 9,3 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 17,1 | 12,8 | 8,9 | 17,1 | 12,8 | 8,9 | 18,2 | 13,2 | 9,3 |
| $45^0$ | 17,2 | 12,8 | 8,8 | 17,1 | 12,9 | 8,8 | 18,0 | 13,1 | 9,2 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 17,2 | 12,8 | 8,8 | 17,1 | 12,8 | 8,8 | 18,0 | 13,2 | 9,2 |
| $90^0$ | 17,2 | 12,8 | 8,9 | 17,2 | 12,8 | 8,9 | 18,1 | 13,1 | 9,2 |
| Mittel | 17,18 | 12,82 | 8,84 | 17,14 | 12,82 | 8,84 | 18,08 | 13,16 | 9,24 |

3. Krystall.

| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $0^0$ | 17,4 | 13,1 | 9,0 | 17,3 | 13,0 | 9,0 | 18,3 | 13,4 | 9,5 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 17,3 | 13,2 | 9,0 | 17,4 | 13,1 | 8,9 | 18,3 | 13,3 | 9,7 |
| $45^0$ | 17,3 | 13,1 | 8,9 | 17,3 | 13,1 | 9,0 | 18,4 | 13,3 | 9,4 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 17,3 | 13,1 | 9,0 | 17,3 | 13,1 | 9,0 | 18,3 | 13,4 | 9,4 |
| $90^0$ | 17,3 | 13,1 | 9,0 | 17,3 | 13,1 | 9,1 | 18,4 | 13,3 | 9,4 |
| Mittel | 17,32 | 13,12 | 8,98 | 17,32 | 13,08 | 9,0 | 18,36 | 13,34 | 9,42 |

4. Krystall.

| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $0^0$ | 17,4 | 13,1 | 9,0 | 17,4 | 13,2 | 9,0 | 18,4 | 13,3 | 9,4 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 17,4 | 13,1 | 9,0 | 17,4 | 13,2 | 9,1 | 18,4 | 13,2 | 9,5 |
| $45^0$ | 17,3 | 13,2 | 9,1 | 17,3 | 13,1 | 9,0 | 18,3 | 13,3 | 9,5 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 17,3 | 13,2 | 9,0 | 17,3 | 13,1 | 9,0 | 18,4 | 13,4 | 9,4 |
| $90^0$ | 17,3 | 13,2 | 9,0 | 17,3 | 13,2 | 8,9 | 18,4 | 13,2 | 9,4 |
| Mittel | 17,34 | 13,16 | 9,02 | 17,34 | 13,16 | 9,0 | 18,38 | 13,28 | 9,44 |

5. Krystall.

| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $0^0$ | 17,1 | 12,6 | 8,8 | 17,0 | 12,6 | 8,8 | 17,9 | 13,0 | 9,2 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 17,0 | 12,7 | 8,7 | 17,1 | 12,6 | 8,9 | 17,8 | 12,9 | 9,0 |
| $45^0$ | 17,0 | 12,5 | 8,8 | 17,0 | 12,5 | 8,8 | 17,8 | 12,9 | 9,1 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 17,1 | 12,6 | 8,8 | 17,0 | 12,6 | 8,8 | 17,9 | 13,0 | 9,1 |
| $90^0$ | 17,0 | 12,5 | 8,8 | 17,1 | 12,6 | 8,8 | 17,8 | 13,0 | 9,1 |
| Mittel | 17,04 | 12,58 | 8,78 | 17,04 | 12,58 | 8,82 | 17,84 | 12,96 | 9,10 |

6. Krystall.

| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $0^0$ | 17,2 | 12,7 | 8,9 | 17,1 | 12,8 | 8,9 | 18,0 | 13,2 | 9,2 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 17,2 | 12,8 | 8,8 | 17,2 | 12,7 | 8,9 | 18,0 | 13,1 | 9,2 |
| $45^0$ | 17,2 | 12,7 | 8,9 | 17,2 | 12,8 | 8,8 | 18,1 | 13,1 | 9,3 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 17,2 | 12,7 | 8,8 | 17,1 | 12,7 | 8,9 | 18,1 | 13,1 | 9,2 |
| $90^0$ | 17,1 | 12,7 | 8,8 | 17,2 | 12,8 | 8,8 | 18,1 | 13,1 | 9,2 |
| Mittel | 17,18 | 12,72 | 8,84 | 17,16 | 12,86 | 8,86 | 18,06 | 13,18 | 9,22 |

| | {100} | | | {111} $O_1$ | | | {111} $O_2$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 7. Krystall. | | | | | | | | | |
| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 17,4 | 13,2 | 9,0 | 17,4 | 13,0 | 8,9 | 18,3 | 13,3 | 9,4 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 17,4 | 13,3 | 8,9 | 17,3 | 13,1 | 9,0 | 18,3 | 13,3 | 9,5 |
| $45^0$ | 17,3 | 13,1 | 9,0 | 17,3 | 13,1 | 9,0 | 18,4 | 13,4 | 9,4 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 17,3 | 13,1 | 8,9 | 17,4 | 13,2 | 8,9 | 18,3 | 13,3 | 9,5 |
| $90^0$ | 17,3 | 13,1 | 8,9 | 17,3 | 13,1 | 9,0 | 18,4 | 13,4 | 9,4 |
| Mittel | 17,36 | 13,16 | 8,96 | 17,34 | 13,10 | 8,96 | 18,34 | 13,34 | 9,44 |
| 8. Krystall. | | | | | | | | | |
| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 17,3 | 13,0 | 8,9 | 17,3 | 13,0 | 8,9 | 18,2 | 13,3 | 9,3 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 17,3 | 12,9 | 8,9 | 17,2 | 13,0 | 8,9 | 18,2 | 13,4 | 9,2 |
| $45^0$ | 17,2 | 13,0 | 9,0 | 17,3 | 12,9 | 9,0 | 18,1 | 13,3 | 9,3 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 17,3 | 13,0 | 9,0 | 17,3 | 13,0 | 8,9 | 18,3 | 13,3 | 9,3 |
| $90^0$ | 17,3 | 13,0 | 8,9 | 17,2 | 13,0 | 9,0 | 18,2 | 13,2 | 9,3 |
| Mittel | 17,28 | 12,98 | 8,96 | 17,26 | 12,98 | 8,96 | 18,20 | 13,30 | 9,28 |

Ferner fällt auch hier die Verschiedenheit in der Ritzbarkeit der zur Form $O_1$ und $O_2$ gehörigen Oktaëderflächen auf. Die Flächen der ersten Form — $O_1$ — sind schwerer ritzbar als die der zweiten, worauf schon früher (S. 582) hingewiesen werden konnte.

Die Krystalle untereinander weichen, sofern gleichartige Flächen gewählt werden, in der Ritzbarkeit wenig ab. Doch hat es, wie folgende Zusammenstellung mit den Dichten lehrt, den Anschein, als ob Krystalle höherer Dichte schwieriger ritzbar wären als solche niederer Dichte:

| | | Ritzbreite (Mittel) in $\mu$ bei Belastung von | | |
|---|---|---|---|---|
| a) {100}: | Dichte: | 50 g | 20 g | 10 g |
| Krystall 5: | 5,140 | 17,04 | 12,58 | 8,78 |
| - 6: | 5,121 | 17,18 | 12,72 | 8,84 |
| - 2: | 5,103 | 17,18 | 12,82 | 8,84 |
| - 8: | 5,101 | 17,28 | 12,98 | 8,96 |
| - 7: | 5,095 | 17,36 | 13,16 | 8,96 |
| - 3: | 5,093 | 17,32 | 13,12 | 8,98 |
| - 4: | 5,084 | 17,34 | 13,16 | 9,02 |
| - 1: | 5,079 | 17,36 | 12,92 | 8,96 |
| | | Ritzbreite (Mittel) in $\mu$ bei Belastung von | | |
| b) $O_1$. | Dichte: | 50 g | 20 g | 10 g |
| Krystall 5: | 5,140 | 17,04 | 12,58 | 8,82 |
| - 6: | 5,121 | 17,16 | 12,86 | 8,86 |
| - 2: | 5,103 | 17,14 | 12,82 | 8,84 |
| - 8: | 5,101 | 17,26 | 12,98 | 8,96 |
| - 7: | 5,095 | 17,34 | 13,10 | 8,96 |

| | | Dichte: | Ritzbreite (Mittel) in $\mu$ bei Belastung von 50 g | 20 g | 10 g |
|---|---|---|---|---|---|
| | Krystall 3: | 5,093 | 17,32 | 13,08 | 9,00 |
| | - 4: | 5,084 | 17,34 | 13,16 | 9,00 |
| | - 1: | 5,079 | 17,26 | 12,82 | 8,94 |
| c) $O_2$. | Krystall 5: | 5,140 | 17,84 | 12,96 | 9,10 |
| | - 6: | 5,121 | 18,06 | 13,18 | 9,22 |
| | - 2: | 5,103 | 18,08 | 13,16 | 9,24 |
| | - 8: | 5,101 | 18,20 | 13,30 | 9,28 |
| | - 7: | 5,095 | 18,34 | 13,34 | 9,44 |
| | - 3: | 5,093 | 18,36 | 13,34 | 9,42 |
| | - 4: | 5,084 | 18,38 | 13,28 | 9,44 |
| | - 1: | 5,079 | 18,30 | 13,34 | 9,34 |

### 2. Pyrit von Tavistock, Devonshire, England, {100}.

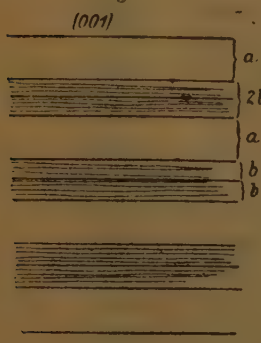
Es wurde eine Anzahl großer Krystalle, 5—10 ccm messend, untersucht. Sämtliche Krystalle {100} zeigten eine speis- bis messinggelbe Farbe und die gewöhnliche Streifung der Pyritwürfel.

Die Dichtebestimmung ergab für den

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Krystall | 5,098 |
| 2. | - | 5,104 |
| 3. | - | 5,063 |
| 4. | - | 5,011 |
| 5. | - | 4,952 |
| 6. | - | 4,959 |
| | Mittel | 5,031 |

Krystalloberfläche. Die mit freiem Auge erkennbare Parallelstreifung löst sich bei schwacher Vergrößerung in zwei Streifungssysteme auf, die regelmäßig miteinander abwechseln und vollkommen parallel verlaufen.

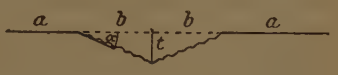
Fig. 4.




Das erste System bilden Bänder von homogenem Aussehen (*a* in Fig. 4), die alle vollständig in einer Ebene liegen und Teile der Würfelfläche sind. Jedes Band zeigt seinem ganzen Verlaufe nach die gleiche Breite, die Breite der einzelnen Bänder beträgt 18—156 $\mu$. Die Streifen des zweiten Systems, die bei schwacher Vergrößerung wenig glänzend erscheinen, liegen zur Horizontalebene geneigt. Bei starker Vergrößerung erkennt man, daß dies von Rinnen herrührt. Denn man sieht in jedem dieser Streifen noch eine zarte Linie parallel zu

den Begrenzungsflächen der Streifen, welche die Stelle markieren, wo die beiden schief gegen die Horizontalebene geneigten Flächen zusammenstoßen. Da diese Linie fast genau in der Mitte zwischen den beiden Grenzstreifen liegt, so ist anzunehmen, daß die Neigung der beiden, diese Rinnen bildenden Flächen die gleiche ist (Fig. 5). Aus der Breite dieser Rinnen $2b$ und aus ihrer Tiefe $t$ läßt sich nun die Neigung $\alpha$ der die Rinnen bildenden Flächen gegen die Würfelfläche bestimmen:

Fig. 5.




$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{t}{b}.$$

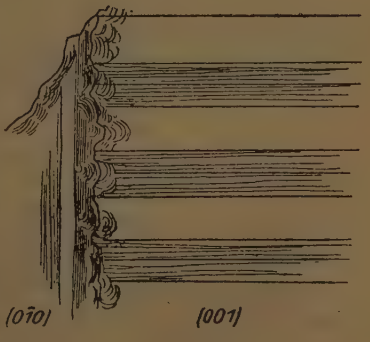
Die Messungen ergaben:

$$\begin{aligned} t : b &= 5\mu : 9\mu = 1 : 1{,}80 \\ &= 12\mu : 23\mu = 1 : 1{,}92 \\ &= 17\mu : 34\mu = 1 : 2{,}00 \\ &= 9\mu : 19\mu = 1 : 2{,}11 \\ &= 9\mu : 20\mu = 1 : 2{,}22 \\ &= 7\mu : 13\mu = 1 : 1{,}86 \end{aligned}$$

Mittel $= 1 : 1{,}985$, annähernd $= 1 : 2$.

Dieses Verhältnis ist nun gleichzeitig das Parameterverhältnis der Krystallform, welche mit dem Würfel oscillatorisch combiniert die Streifung verursacht. Die combinierte Form ist also das Pentagondodekaëder {210}. Wie es der Durchschnitt Fig. 5 wiedergibt, ist auf diesem Pentagondodekaëder bei starker Vergrößerung abermals eine Streifung wahrnehmbar, dessen einzelne Elemente jedoch kaum 1—2 $\mu$ voneinander abstehen. Wegen dieser geringen Dimensionen ist es nicht möglich, festzustellen, ob diese zwei Streifensysteme durch Combination der gleichen Formen hervorgerufen werden oder nicht. Ebenso wird auf den breiten, der Würfelfläche angehörenden Teilen der Fläche bei stärkster Vergrößerung noch ein Streifensystem wahrnehmbar, das parallel zu dem gröberen verläuft und auf der Zeichnung wegen seiner Feinheit vernachlässigt wurde.

Fig. 6.




Erwähnt sei noch, daß die Krystallkanten unter dem Mikroskop sich nicht als Gerade darstellen, sondern ein Bild gewähren, als ob die Kante durch Abbröckelung einzelner Teile zerstört worden wäre. An diesen nahezu muscheligen Flächen beobachtet man sehr schön den geschichteten Aufbau des Krystalls (Fig. 6).

Diese Verhältnisse herrschten nicht bloß auf einer Krystallfläche oder einem Krystall, sondern kehrten auch an allen anderen Krystallen des Pyrits von Tavistock wieder.

Die Ritzversuche wurden an allen Krystallen und zwar an jedem Krystalle auf drei in einer Ecke zusammenstoßenden Krystallflächen durchgeführt.

Die mit der Diamantspitze erzeugten Ritze erschienen als Furchen, die an den Stellen, wo sie über die homogenen breiten Streifen des primären Streifungssystems verliefen, scharf bandförmig begrenzt waren. Wo sich jedoch die Diamantspitze über die secundär gefurchten, geneigten Streifen bewegte, erzeugte sie mannigfach veränderte, ausgesprungene Deformationen. Nur der scharfe bandförmige Verlauf des Ritzes auf den homogenen Streifen war messend zu verfolgen und gilt im folgenden als Breite des Ritzes.

Tabelle IX.

Pyrit von Tavistock {100}. Mittel der Ritzbreiten in $\mu$.

| Richtung | 1. Krystall | | | 2. Krystall | | | 3. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 17,9 | 13,1 | 9,4 | 17,9 | 13,1 | 9,4 | 18,2 | 13,2 | 9,5 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 18,1 | 13,2 | 9,4 | 17,9 | 13,1 | 9,3 | 18,3 | 13,3 | 9,5 |
| $45^0$ | 18,0 | 13,1 | 9,5 | 18,0 | 13,2 | 9,4 | 18,3 | 13,3 | 9,5 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 18,1 | 13,2 | 9,5 | 18,1 | 13,2 | 9,4 | 18,3 | 13,2 | 9,5 |
| $90^0$ | 18,1 | 13,1 | 9,4 | 18,0 | 13,2 | 9,5 | 18,3 | 13,3 | 9,6 |
| Mittel | 18,04 | 13,14 | 9,44 | 17,98 | 13,16 | 9,40 | 18,26 | 13,26 | 9,52 |

| Richtung | 4. Krystall | | | 5. Krystall | | | 6. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 18,3 | 13,3 | 9,5 | 18,3 | 13,3 | 9,5 | 18,3 | 13,3 | 9,5 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 18,4 | 13,3 | 9,5 | 18,3 | 13,4 | 9,5 | 18,3 | 13,4 | 9,6 |
| $45^0$ | 18,4 | 13,4 | 9,6 | 18,4 | 13,3 | 9,6 | 18,3 | 13,3 | 9,6 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 18,3 | 13,4 | 9,6 | 18,3 | 13,4 | 9,6 | 18,3 | 13,4 | 9,5 |
| $90^0$ | 18,4 | 13,3 | 9,6 | 18,4 | 13,4 | 9,6 | 18,4 | 13,3 | 9,5 |
| Mittel | 18,36 | 13,34 | 9,54 | 18,34 | 13,36 | 9,56 | 18,32 | 13,34 | 9,54 |

Aus der Tabelle ersieht man, daß die Ritzbarkeit auf einer Fläche nach verschiedener Richtung nur um minimale Beträge (0,1 $\mu$, selten 0,2 $\mu$) schwankt. Die Abweichung der verschiedenen Krystalle ist gering. Doch scheint abermals ein Zusammenhang zwischen Härte und Dichte zu bestehen:

| | Dichte: | Ritzbreite (in $\mu$) bei Belastung von 50 g | 20 g | 10 g |
|---|---|---|---|---|
| Krystall 2: | 5,104 | 17,98 | 13,16 | 9,40 |
| - 1: | 5,098 | 18,04 | 13,14 | 9,44 |
| - 3: | 5,063 | 18,26 | 13,26 | 9,52 |
| - 4: | 5,011 | 18,36 | 13,34 | 9,54 |
| - 6: | 4,959 | 18,32 | 13,34 | 9,54 |
| - 5: | 4,952 | 18,34 | 13,36 | 9,56 |

**10. Pyrit vom Schneidergraben, Gailtal, {100}, {111}.**

Vier Krystalle von der Größe $\frac{1}{2}$—5 cm³, Combinationen von {111} mit stets vorherrschendem {100} wurden zu den Versuchen verwendet.

Die Krystalle erscheinen dem freien Auge gleichmäßig matt, die Farbe ist speisgelb mit deutlichem Stich ins Grünliche.

Die Dichten der einzelnen Krystalle waren:

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Krystall | 5,004 |
| 2. | - | 4,937 |
| 3. | - | 4,963 |
| 4. | - | 4,974 |
| | Mittel | 4,969 |

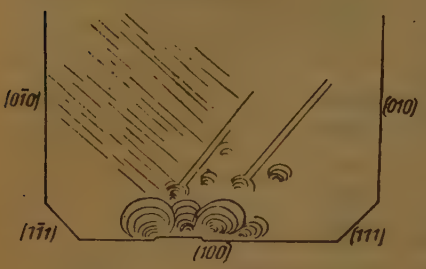
Krystalloberfläche. a) Würfel. Die Würfelflächen sind schwach gewölbt. Bei starker Vergrößerung sieht man, daß diese Wölbung dadurch zustande kommt, daß auf der Fläche ein geschichteter Bau vorhanden ist und die einzelnen Schichten keine gleichgroße Flächenausbreitung zeigen. Die Dicke dieser Schichten schwankt zwischen 6 und 10 $\mu$, ist also fast genau so groß, wie die Dicke der Schichten, die an dem Rande der Krystallflächen (an den Kanten) festgestellt werden konnte. Die Breite der einzelnen Schichten wechselt zwischen 80 und 280 $\mu$. Die Begrenzungen dieser einzelnen Schichten sind parallel zur Kante (100) : (111).

Auf dieser Schichtung nun ist ein doppeltes Riefensystem zu beobachten. Das erstere, gröbere, hat eine vorherrschende Richtung, die mit der Würfelkante den Winkel von 45° einschließt, also der Zonenaxe (100) : (111) entspricht. Die Furchen selbst stellen sich als ungleichmäßige Vertiefungen von wechselnder Breite dar. Das Furchensystem löst sich bei starker Vergrößerung in eine Anzahl von bandförmigen Streifen auf, die wohl eine im großen und ganzen vorherrschende Richtung erkennen lassen, ihr aber nicht ganz genau entsprechen. Die Breite dieser Streifen schwankt zwischen 2 und 6 $\mu$. Daneben ist noch ein aus äußerst feinen Linien bestehendes Streifensystem zu beobachten. Dasselbe steht senkrecht zum ersteren Furchensystem, schneidet demnach die Würfelkante ebenfalls unter 45° und entspricht der Zonenaxe (100) : (1$\bar{1}$1), also wenn man sagen darf, der Zone vom Würfel zum negativen Tetraëder, während das andere Streifensystem der Zone des Würfels zum positiven Tetraëder entspräche.

Gegen die Würfelkante zu verbreitern sich die Furchen immer mehr, und erscheinen an der Kante selbst als schüsselförmige Vertiefungen von ungefähr elliptischer Oberflächenbegrenzung. Die genauere Structur dieser muscheligen Bruchflächen tritt erst bei starker Vergrößerung deutlich hervor. Man sieht dann, daß die Flächen dieser schüsselförmigen Vertiefungen lebhaft glänzen und die Form von Muschelschalen aufweisen (Fig. 7 auf S. 596).

Dem muscheligen Verlaufe folgend sind nun an der schaligen Begrenzung deutlich Linien zu bemerken, und zwar liegt, wie sich mit der Mikrometerschraube feststellen läßt, jede einzelne Linie in einer bestimmten Ebene. Es sieht so aus, als ob der Krystall aus parallelen Schichten bestände, die sich mit der muscheligen Bruchfläche in den genannten Linien schneiden. Die verticalen Abstände zweier Schichten schwanken zwischen 6 und 9 $\mu$. Die Breite der ungefähr elliptisch begrenzten Bruchflächen schwankt zwischen 10 und 24 $\mu$, ihre Tiefe von 8—16 $\mu$.

Fig. 7.




b) Oktaëder. Die acht Flächen zeigen auch an diesen Krystallen kleine Verschiedenheiten, insofern als vier Flächen ($O_2$) gerade merkbar etwas weniger glänzen als die vier anderen ($O_1$). Alle aber glänzen mehr als die Würfelflächen (s. S. 589). Die matteren Flächen ($O_2$) lassen erkennen, daß Streifen und Sprünge zahllos und ohne bestimmte Richtung auf der Fläche verteilt sind, während die besser glänzenden Oktaëderflächen ($O_1$) auffallend weniger von solchen Unebenheiten zeigen.

Ritzversuche wurden bei jedem Krystall an drei aneinander grenzenden Würfelflächen und an vier Oktaëderflächen, die paarweise einem positiven und negativen Tetraëder entsprechen würden, ausgeführt.

Tabelle X.

Pyrit vom Schneidergraben. Mittel der Ritzbreiten in $\mu$.

| | {100} | | | {111} $O_1$ | | | {1$\bar{1}$1} $O_2$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1. Krystall.** | | | | | | | | | |
| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| 0° | 18,6 | 13,6 | 9,6 | 18,5 | 13,5 | 9,5 | 18,7 | 13,8 | 9,6 |
| 22½° | 18,6 | 13,5 | 9,7 | 18,4 | 13,4 | 9,4 | 18,7 | 13,7 | 9,7 |
| 45° | 18,6 | 13,5 | 9,7 | 18,4 | 13,4 | 9,4 | 18,8 | 13,7 | 9,7 |
| 67½° | 18,5 | 13,6 | 9,7 | 18,4 | 13,5 | 9,4 | 18,8 | 13,7 | 9,7 |
| 90° | 18,6 | 13,6 | 9,7 | 18,5 | 13,4 | 9,5 | 18,8 | 13,7 | 9,7 |
| Mittel | 18,58 | 13,56 | 9,68 | 18,44 | 13,46 | 9,44 | 18,76 | 13,78 | 9,68 |
| **2. Krystall.** | | | | | | | | | |
| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| 0° | 18,6 | 13,6 | 9,6 | 18,5 | 13,5 | 9,5 | 18,7 | 13,8 | 9,6 |
| 22½° | 18,6 | 13,5 | 9,6 | 18,5 | 13,4 | 9,4 | 18,8 | 13,7 | 9,7 |
| 45° | 18,5 | 13,5 | 9,7 | 18,4 | 13,4 | 9,4 | 18,8 | 13,7 | 9,6 |
| 67½° | 18,6 | 13,6 | 9,7 | 18,5 | 13,5 | 9,4 | 18,7 | 13,7 | 9,7 |
| 90° | 18,6 | 13,5 | 9,7 | 18,5 | 13,4 | 9,5 | 18,8 | 13,7 | 9,7 |
| Mittel | 18,58 | 13,54 | 9,66 | 18,48 | 13,44 | 9,44 | 18,76 | 13,72 | 9,66 |

{100} . . {111} $O_1$ . . {171} $O_2$

3. Krystall.

| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $0^0$ | 18,6 | 13,5 | 9,7 | 18,5 | 13,5 | 9,4 | 18,8 | 13,8 | 9,6 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 18,6 | 13,6 | 9,7 | 18,4 | 13,4 | 9,5 | 18,7 | 13,7 | 9,7 |
| $45^0$ | 18,7 | 13,6 | 9,7 | 18,5 | 13,4 | 9,5 | 18,8 | 13,7 | 9,7 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 18,7 | 13,5 | 9,6 | 18,5 | 13,5 | 9,4 | 18,8 | 13,7 | 9,6 |
| $90^0$ | 18,6 | 13,6 | 9,6 | 18,5 | 13,5 | 9,4 | 18,8 | 13,8 | 9,7 |
| Mittel | 18,64 | 13,56 | 9,66 | 18,48 | 13,46 | 9,44 | 18,78 | 13,76 | 9,66 |

4. Krystall.

| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $0^0$ | 18,5 | 13,6 | 9,6 | 18,5 | 13,5 | 9,4 | 18,7 | 13,7 | 9,7 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 18,6 | 13,5 | 9,7 | 18,4 | 13,4 | 9,5 | 18,8 | 13,8 | 9,6 |
| $45^0$ | 18,6 | 13,6 | 9,7 | 18,5 | 13,5 | 9,5 | 18,8 | 13,7 | 9,7 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 18,5 | 13,6 | 9,6 | 18,4 | 13,5 | 9,4 | 18,7 | 13,7 | 9,7 |
| $90^0$ | 18,6 | 13,5 | 9,6 | 18,4 | 13,4 | 9,4 | 18,8 | 13,7 | 9,7 |
| Mittel | 18,56 | 13,56 | 9,64 | 18,44 | 13,46 | 9,44 | 18,76 | 13,72 | 9,68 |

Die vorhergehende Tabelle lehrt, daß wie bisher die Ritzbarkeit auf den einzelnen Flächen nach verschiedenen Richtungen übereinstimmt, daß auch die Ritzbarkeit gleichwertiger Flächen auf demselben Krystalle und auf verschiedenen Krystallen die gleiche ist. Differenzen ergeben sich nur bei den Oktaëderflächen, weil diejenigen, die verhältnismäßig die größte Homogenität aufweisen, am schwersten, und jene, welche eine besondere Rauhigkeit zeigen, am leichtesten ritzbar sind. Die Würfelflächen liegen nach dem Grade der Ritzbarkeit in der Mitte. Diese Verhältnisse sind aus folgender Zusammenstellung ersichtlich:

| | (100) | | | $O_1$ | | | $O_2$ | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ritzbr. in $\mu$ bei Bel. von | | | Ritzbr. in $\mu$ bei Bel. von | | | Ritzbr. in $\mu$ bei Bel. von | | |
| | 50 g | 20 g | 10 g | 50 g | 20 g | 10 g | 50 g | 20 g | 10 g |
| Krystall 1: | 18,58 | 13,56 | 9,68 | 18,44 | 13,46 | 9,44 | 18,76 | 13,78 | 9,68 |
| - 2: | 18,58 | 13,54 | 9,66 | 18,48 | 13,44 | 9,44 | 18,76 | 13,72 | 9,66 |
| - 3: | 18,64 | 13,56 | 9,66 | 18,48 | 13,46 | 9,44 | 18,78 | 13,76 | 9,66 |
| - 4: | 18,56 | 13,56 | 9,64 | 18,44 | 13,46 | 9,44 | 18,76 | 13,72 | 9,68 |

## 11. Pyrit von Schemnitz {201}.

Untersucht wurden vier gleichmäßig ausgebildete Krystalle {201} von der Größe einer Haselnuß.

Die Krystalle erscheinen schon dem freien Auge gegenüber stark zerklüftet. Ihre Dichte beträgt:

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Krystall | 4,963 |
| 2. | - | 5,001 |
| 3. | - | 4,958 |
| 4. | - | 4,972 |
| | Mittel | 4,974 |

Beschaffenheit der Krystalloberfläche. Die schon mit dem freien Auge sichtbare Zerklüftung gibt sich bei schwacher Vergrößerung als eine Menge größerer Sprünge zu erkennen, welche aderförmig oder geknickt schier regellos verlaufen.

Bei starker Vergrößerung sind außer gröberen Spalten und Sprüngen noch äußerst feine Risse zu bemerken, die 1—4 $\mu$ breit auf denjenigen Teilen der Krystalloberfläche erscheinen, die von den groben Spalten frei sind und sich deshalb lebhaft glänzend erweisen.

Sämtliche Spalten und Sprünge, die gröbsten wie die feinsten, verlaufen in gebogenen oder geknickten Linien und es ist niemals möglich auch nur annähernd eine Übereinstimmung in der Richtung festzustellen. Anlauffarben wurden nicht wahrgenommen.

Die Ritzversuche wurden nur auf den glänzenden, d. h. nur von den feinsten Sprüngen durchzogenen Flächenteilen durchgeführt und zwar auf den Flächen

| | |
|---|---|
| (102) | $(02\bar{1})$ |
| $(\bar{1}02)$ | $(\bar{2}\bar{1}0)$ |
| (021) | $(\bar{1}\bar{2}0)$ (wie bereits S. 586 angegeben). |

Die Versuche ergaben, wie die folgende Tabelle lehrt, eine gute Übereinstimmung in der Ritzbarkeit, sowohl nach den verschiedenen Richtungen

Tabelle XI.

Pyrit von Schemnitz (201). Mittel der Ritzbreiten.

| Richtung | 1. Krystall | | | 2. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| 0° | 18,8 | 13,7 | 10,0 | 18,7 | 13,7 | 10,0 |
| $22\frac{1}{2}$° | 18,7 | 13,6 | 9,9 | 18,7 | 13,6 | 9,9 |
| 45° | 18,8 | 13,7 | 9,9 | 18,8 | 13,6 | 9,9 |
| $67\frac{1}{2}$° | 18,7 | 13,7 | 10,0 | 18,8 | 13,7 | 10,0 |
| 90° | 18,8 | 13,7 | 10,0 | 18,8 | 13,7 | 10,0 |

| Richtung | 3. Krystall | | | 4. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| 0° | 18,7 | 13,7 | 10,0 | 18,8 | 13,6 | 10,0 |
| $22\frac{1}{2}$° | 18,7 | 13,6 | 9,9 | 18,7 | 13,7 | 9,9 |
| 45° | 18,8 | 13,6 | 9,9 | 18,7 | 13,7 | 10,0 |
| $67\frac{1}{2}$° | 18,8 | 13,7 | 10,0 | 18,8 | 13,6 | 9,9 |
| 90° | 18,8 | 13,7 | 10,0 | 18,8 | 13,7 | 10,0 |

derselben Flächen als auch an den verschiedenen Krystallen. Im allgemeinen ist aber die Ritzbarkeit merklich größer als bei den früheren Krystallen, sodaß auch hier ein Zusammenhang dieses Verhaltens mit der Dichte zu bestehen scheint.

**12. Pyrit von Kaiser bei St. Kathrein im Tragößtale {100}, {111}.**

Es wurden drei 1—2 cm³ große Krystalle untersucht, die vorherrschend {100}, untergeordnet {111} zeigten.

Die Dichtebestimmung ergab für den

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Krystall | 4,928 |
| 2. | - | 4,972 |
| 3. | - | 4,990 |
| | Mittel | 4,903 |

Beschaffenheit der Oberfläche. Die Flächen erscheinen dem freien Auge matt, nur die Hälfte der sehr kleinen Oktaëderflächen glänzend.

a) Würfel. Bei schwacher Vergrößerung sind zahlreiche grobe Sprünge zu beobachten, die ungefähr der Würfelkante parallel verlaufen. Durch diese Sprünge wird die Würfelfläche in ein System von Bändern zerlegt, die bei starker Vergrößerung lebhaft glänzend erscheinen. Auf diesen glänzenden Partien selbst wieder ist ein feines Streifensystem zu erkennen, das mit der Würfelkante einen Winkel von 32° bildet, was einer Streifung parallel zur Zonenaxe (100) : (320) ungefähr entsprechen würde. Während sich die ersteren Sprünge als Trennungen im Zusammenhange der Teilchen hinstellen, sind die feineren Linien entschieden durch eine Combinationsstreifung eines Dyakisdodekaëders mit dem Würfel aus der Zone (100) : (320) verursacht. Da diese feinen Risse nur eine einzige Richtung auf der Würfelfläche einhalten, so scheint dies darauf hinzuweisen, daß die einzelnen Oktanten nicht krystallographisch gleichwertig sind.

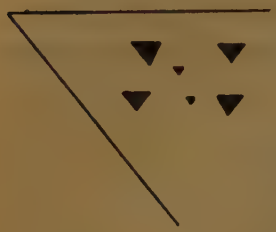
Außer den Sprüngen und Streifen sind noch ganz unregelmäßig verteilte, kleine Fleckchen vorhanden.

b) Oktaëder. Es ist hierbei dieselbe Eigentümlichkeit hervorzuheben, über welche schon S. 589 und 596 berichtet wurde, nur tritt sie hier besonders deutlich hervor. Die vier Flächen, die der Lage nach einem Tetraëder entsprechen, zeigen immer unter sich eine große Übereinstimmung, aber eine völlige Abweichung von den anderen vier Oktaëderflächen. Schon mit freiem Auge erkennt man dies daran, daß vier Flächen ($O_2$) matt, die anderen aber lebhaft glänzend sind ($O_1$).

Die vier Flächen $O_1$ behalten auch bei schwacher Vergrößerung ihren lebhaften Glanz, trotzdem sind auf ihnen eigenartige dreieckige Vertiefungen

in geringer Zahl zu beobachten. Die Grenzen dieser Dreiecke sind den Combinationskanten (100):(111) parallel (s. Fig. 8). Die schwarzen Dreieckchen sind deutlich muldenförmig vertieft; Flächenelemente in ihnen lassen sich aber trotzdem auch bei starker Vergrößerung nicht erkennen.

Fig. 8.



Eine weitere Störung der Ebenflächigkeit ist nicht mehr warzunehmen. Hier und da ist die Oberfläche blau oder grün angelaufen.

Die mit freiem Auge matt aussehenden Oktaëderflächen ($O_2$) erweisen sich bei mikroskopischer Betrachtung als von vielen feinen und gröberen Sprüngen unregelmäßig durchsetzt. Keine Richtung von Furchen konnte als vorherrschend festgestellt werden.

Die Ritzversuche, die wie S. 596 angegeben ausgeführt wurden, hatten ein den früher gefundenen Tatsachen ganz analoges Ergebnis. Siehe nachfolgende Tabelle.

Tabelle XII.

Pyrit von Kaiser {100}, {111}. Mittel der Ritzbreiten.

{100} {111} $O_1$ {1$\bar{1}\bar{1}$} $O_2$

1. Krystall.

| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0° | 19,0 | 13,8 | 10,1 | 18,7 | 13,6 | 9,9 | 19,0 | 13,8 | 10,1 |
| 22½° | 19,0 | 13,8 | 10,0 | 18,6 | 13,6 | 10,0 | 19,0 | 13,7 | 10,2 |
| 45° | 19,1 | 13,7 | 10,1 | 18,6 | 13,5 | 10,0 | 19,1 | 13,8 | 10,2 |
| 67½° | 19,0 | 13,8 | 10,1 | 18,7 | 13,5 | 10,0 | 19,0 | 13,7 | 10,1 |
| 90° | 19,1 | 13,8 | 10,1 | 18,6 | 13,6 | 10,0 | 19,0 | 13,8 | 10,2 |

2. Krystall.

| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0° | 19,1 | 13,7 | 9,9 | 18,6 | 13,6 | 9,9 | 19,0 | 13,7 | 9,9 |
| 22½° | 19,0 | 13,7 | 10,0 | 18,7 | 13,5 | 9,8 | 18,9 | 13,7 | 10,0 |
| 45° | 18,9 | 13,8 | 9,9 | 18,6 | 13,5 | 9,9 | 18,9 | 13,8 | 9,9 |
| 67½° | 18,9 | 13,7 | 9,9 | 18,6 | 13,4 | 9,9 | 18,9 | 13,7 | 9,9 |
| 90° | 18,9 | 13,7 | 9,9 | 18,6 | 13,5 | 9,8 | 18,9 | 13,8 | 9,9 |

3. Krystall.

| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0° | 18,9 | 13,7 | 9,9 | 18,6 | 13,5 | 9,9 | 18,9 | 13,8 | 9,9 |
| 22½° | 18,9 | 13,7 | 10,0 | 18,6 | 13,4 | 9,9 | 18,9 | 13,7 | 9,8 |
| 45° | 19,0 | 13,8 | 9,9 | 18,5 | 13,5 | 9,8 | 19,0 | 13,7 | 9,9 |
| 67½° | 18,9 | 13,7 | 9,9 | 18,5 | 13,4 | 9,9 | 18,9 | 13,7 | 9,9 |
| 90° | 18,9 | 13,7 | 9,9 | 18,5 | 13,5 | 9,9 | 18,9 | 13,7 | 9,8 |

Die Ritzbarkeit ist nach allen Richtungen derselben Fläche und auf gleichwertigen Flächen gleich.

Die glatten Oktaëderflächen $O_1$ sind jedoch schwerer ritzbar als die matten Oktaëder- und die Würfelflächen.

### Künstlich angeschliffene Flächen.

Um festzustellen, welchen Einfluß die Beschaffenheit einer künstlich hergestellten Fläche auf die Ritzbarkeit hat, wurden an einzelnen Krystallen der untersuchten Fundorte künstliche Flächen hergestellt. Dabei zeigte es sich, daß selbst bei sorgsamster Politur nie jener Glanz erreicht werden kann, der an natürlichen Flächen zu beobachten ist. Stets durchzieht ein regelloses System von Rissen die Fläche, aber dies hindert nicht, um nach der beschriebenen Methode Ritzversuche auszuführen. Die Lage der Flächen konnte nur annähernd bestimmt werden, weil die künstliche Fläche aus den schon früher angeführten Gründen für die Messung am Reflexionsgoniometer nicht besonders geeignet war.

Wie aus nachstehender Zusammenstellung, die die Mittelwerte der Messungen an künstlichen und natürlichen Flächen desselben Fundorts enthalten, hervorgeht, sind die Abweichungen der Ritzbreiten gegenüber denen an natürlichen Krystallen gering.

| Krystall (Pyrit) | | | Ritzbreite in $\mu$ bei der Belast. von 50 g | 20 g | 10 g |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. von Elba | {632} | natürliche Fläche | 16,0 | 12,0 | 8,0 |
| | (100) | künstliche - | 16,2 | 12,0 | 8,1 |
| ungefähr | (201) | - - | 16,3 | 11,8 | 8,3 |
| 2. von Elba | {201} | natürliche - | 16,0 | 12,0 | 8,0 |
| | (100) | künstliche - | 16,2 | 11,8 | 7,7 |
| 3. von Traversella | {111} | natürliche - $O_1$ | 16,8 | 12,5 | 8,5 |
| | {111} | - - $O_2$ | 17,0 | 12,8 | 8,6 |
| | (100) | künstliche - | 17,0 | 12,6 | 8,6 |
| | (201) | - - | 16,8 | 12,4 | 8,4 |
| 6. von Hüttenberg | {201} | natürliche - | 16,8 | 12,5 | 8,6 |
| | (100) | künstliche - | 16,9 | 12,3 | 8,8 |
| 8. von Trofaiach | {100} | natürliche - | 17,3 | 13,0 | 8,0 |
| | {111} | - - $O_1$ | 17,3 | 13,0 | 8,9 |
| | {111} | - - $O_2$ | 18,2 | 13,3 | 9,3 |
| ungefähr | (201) | künstliche - | 17,8 | 13,0 | 9,4 |
| 9. von Tavistock | {100} | natürliche - | 18,3 | 13,3 | 9,5 |
| ungefähr | (201) | künstliche - | 18,2 | 13,0 | 9,6 |

**Ergebnisse der Untersuchungen an Pyrit** (vergl. Tab. XX, S. 617).

Oberflächenbeschaffenheit. Die an den untersuchten Pyriten auftretenden Flächen entsprechen nie den Anforderungen einer vollkommenen ideal-ebenen Fläche. Sie zeigen immer Streifensysteme, die zum Teil durch Trennung des Zusammenhanges der Teilchen (Sprünge) entstanden sind, meistens aber Wachstumserscheinungen ihre Entstehung verdanken. Die letzteren sind bald durch rinnenförmige Vertiefungen, bald durch stufenförmiges Zurückweichen der einzelnen Schichten, die den Krystall aufbauen, verursacht. Es gelingt oft, durch Höhen- und Breitenmessungen sogar die Indices der beteiligten Flächen festzulegen.

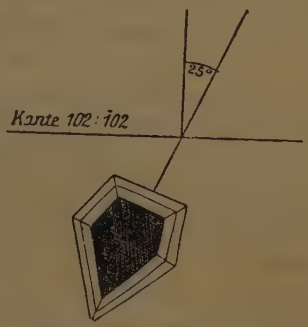
Die Streifensysteme, die den Wachstumserscheinungen ihre Entstehung verdanken, sind meist parallel den Würfelkanten, untergeordneter und seltener treten auch Streifensysteme auf, die der Zone vom Würfel zum Oktaëder oder vom Würfel zu einem Pentagondodekaëder oder, wenn sie auf der Oktaëderfläche beobachtet werden, auch der Zone des Oktaëders zu einem Dyakisdodekaëder entsprechen. Bei diesen Streifensystemen beobachtet man, daß sie in der Ausbildung nicht immer gleichartig sind, oder daß nicht, wie zu erwarten ist, beide, sondern nur ein Streifensystem zur Entwickelung gelangt ist. So würde man im Falle Pyrit Nr. 12, S. 599 auf der Würfelfläche neben der angeführten Streifung noch eine zweite erwarten, die mit der genannten ungefähr einen Winkel von 116° bilden müßte. Diese Erscheinung weist darauf hin, daß die einzelnen Oktanten nicht absolut krystallographisch gleichwertig sind. Hierfür spricht auch die Ausbildung des einzigen feinen Streifensystems parallel (100):(111) bei Pyrit Nr. 8, S. 588.

Mit dieser Beobachtung im Einklange steht auch das Verhalten der Oktaëderflächen. Es konnte wiederholt festgestellt werden, daß die Oktaëderflächen sich in bezug auf den Glanz nicht vollkommen gleich verhalten z. B. Pyrit Nr. 12). Ferner wurde festgestellt, daß die auf den verschiedenen Oktaëderflächen (Pyrit Nr. 8, S. 589) auftretenden mikroskopischen Streifensysteme nicht gleichartig sind. Weiter sind auch Ablösungserscheinungen zu beobachten, die einen Unterschied der verschiedenen Oktanten deutlich erkennen lassen. Endlich wäre noch hervorzuheben, daß in den meisten Fällen die Oktaëderflächen einen verschiedenen Grad der Ritzbarkeit besitzen.

Diese Zusammenfassung würde darauf hinweisen, daß die Oktanten in zwei Gruppen zerfallen, daß das Oktaëder also eine Combination des positiven und negativen Tetraëders sei. Der Pyrit wäre dann nicht mehr, wie bis jetzt allgemein angenommen wurde, pentagonal-dodekaëdrisch, sondern würde der tetraëdrisch-pentagondodekaëdrischen Klasse angehören.

Es sei hier gleich erwähnt, daß schon von mehreren Autoren[1]) die Vermutung ausgeprochen worden ist, daß die Minerale der Pyritgruppe tetartoëdrisch krystallisieren. Doch haben die Ätzversuche, die F. Becke[2]) am Pyrit durchgeführt hat, keinen Anhaltspunkt zugunsten dieser Annahme ergeben. Ich habe es nun versucht, gleichfalls durch Ätzen eine Entscheidung in dieser Frage herbeizuführen, und nach vielen vergeblichen Versuchen ist es mir gelungen, auf den Flächen des Pentagondodekaëders Ätzeindrücke von deutlich erkennbarer Gestalt zu erhalten.

Fig. 9.




Die deutlichsten Ätzfiguren erhielt ich in dem Falle, wobei ich den zu ätzenden Krystall nach je 10 Secunden abwechselnd in auf 100° erwärmte Salpetersäure und in Salzsäure tauchte. Die so erhaltenen Ätzfiguren (s. Fig. 9) entsprachen der Gestalt nach vollkommen jenen, die Becke l. c. beschreibt. Sie sind Fünfecke, zeigen Streifen parallel der Umgrenzungsfläche, doch gibt Becke an, daß diese Ätzfiguren symmetrisch auf der Pentagondodekaëderfläche liegen. Ich konnte dies nicht feststellen. Ich fand eine deutliche Abweichung der Kante, die nach Becke parallel der Würfelkante verlaufen sollte, gegen diese Kante, und zwar beträgt der Winkel 25° (s. Fig. 9). Dieses Nichtübereinstimmen mit den so sorgsamen Untersuchungen von Becke kann höchstens dadurch erklärt werden, daß auch am Pyrit, wie H. Baumhauer[3]) für den Apatit nachgewiesen hat, eine Abhängigkeit der Lage der Ätzfiguren von der Concentration des Lösungsmittels besteht. Es wäre dann möglich, daß diese Ätzfiguren bei einer bestimmten Concentration eine symmetrische Lage auf der Pentagondodekaëderfläche einnehmen, und Becke zufälligerweise gerade jene Concentrationen des Lösungsmittels angewendet hat, die dieser Lage entspricht.

S. 586 wurde elliptischer Vertiefungen auf {201} gedacht, deren Längsrichtung anscheinend parallel ist der Würfelkante, an denen aber auch festgestellt werden konnte, daß ihre Form nicht streng elliptisch, sondern eher eiförmig genannt zu werden verdient. Auch die Lage dieser Ver-

1) C. Klein und P. Jannasch, über Antimonnickelglanz (Ullmannit) von Lölling und Sarrabus. N. Jahrb. f. Min. 1887. Ausz. diese Zeitschr. **15**, 637. — A. Brezina, über Symmetrie der Pyritgruppe. Tscherm. min. Mitt. 1872, S. 23—25. — H. A. Miers, die Tetartoëdrie des Ullmannits. Min. Mag. and Journ. of the Min. Soc. 1891, No. 43, 211—213. Ausz. diese Zeitschr. **22**, 305.

2) F. Becke, Ätzversuche am Pyrit. Tscherm. min. Mitt. 1887. Ausz. diese Zeitschr. **17**, 200.

3) H. Baumhauer, über die Abhängigkeit der Ätzfiguren des Apatits von der Natur und Concentration des Ätzmittels. Sitz.-Ber. d. k. pr. Akad. Berlin 1887, **42**, 863 u. 1890, **45**, 447. Ausz. diese Zeitschr. **15**, 441 und **21**, 409.

tiefungen würde ebenso wie die anderen bis jetzt mitgeteilten Beobachtungen eher mit der Tetartoëdrie als mit der hemiëdrischen Ausbildung in Einklang zu bringen sein.

Weiterhin waren die Resultate der Ätzversuche an den Oktaëderflächen interessant. Es zeigte sich zwar kein Unterschied in der Form der Ätzfiguren auf den verschiedenen den beiden Tetraëdern ($O_1$ und $O_2$) entsprechenden Flächen, dagegen war in der Menge der Grübchen ein auffallender Unterschied zu bemerken: die Flächen höherer Homogenität haben deutlich weniger Ätzgrübchen als matte Flächen; letztere weisen also eine größere Lösungsgeschwindigkeit auf als erstere.

Es besteht, wie Tabelle XX auf S. 617 zeigt, eine deutliche Beziehung zwischen Ausbildungsweise der Oberfläche und der Dichte des Krystalls. In dieser Tabelle sind zunächst die untersuchten Krystallflächen und der Fundort eingetragen. In der III. Colonne sind die Grade des Glanzes mit Nummern I—V eingetragen. I bedeutet den lebhaften Metallglanz, V das Vorhandensein matter Oberflächen, dazwischen liegen die Übergänge. Ferner enthält die Tabelle die Beschaffenheit der Oberfläche, die Dichte und die Breite des Ritzes bei einer Belastung von 50, 20, 10 g für die einzelnen Flächen. Die für die Ritzbreiten angegebenen Werte sind die Mittel aus den in den Specialtabellen (I—XII) ausgeführten Messungen, welche, wie sich dort entnehmen läßt, untereinander im allgemeinen wenig abweichen. Die Zahlen sind deshalb als Mittelwerte gut brauchbar und wohl vergleichbar.

Es liegt eine deutliche Beziehung vor zwischen Dichte, Homogenität der Oberfläche, Qualität des Glanzes und Ritzbreite. Ohne weiteres ist der Parallelismus zwischen Zahl und Stärke der Liniensysteme und Ritzbreite erkennbar; hiervon gibt es auch keine Ausnahme. Daß der Ritz auf zerklüfteten Flächen breiter ist, ergibt sich, wenn man erwägt, daß solche zerklüftete Krystalle der Diamantspitze weniger Widerstand bieten. Daß dies selbst an glänzenden, also homogenen Stellen solcher Flächen, wo ja die Messung geschah, der Fall sein muß, wird klar, wenn man annimmt, daß Krystalle, die schon grobe Unebenheiten deutlich zeigen, auch in ihren homogenen Teilen Spannungen besitzen, die bei Deformation leicht ausgelöst werden können: so bieten also auch die glänzenden Teile solcher Flächen einer mechanischen Deformation, wie sie das Ritzen vorstellt, doch weniger Widerstand.

Die Beziehung zwischen Dichte und Ritzbarkeit ist bei einfachen Formen mit einheitlicher Ritzbarkeit einleuchtend (z. B. Elba, Traversella, Kalsche, Schneidergraben). Für die Krystalle mit combinierten Formen liegt die Sache dann verwickelter, wenn einige Flächen wenige, andere bedeutende Unebenheiten aufweisen. Die Schwierigkeit kann nun dadurch als beseitigt gelten, daß an den Krystallen immer eine Art von Flächen

bei weitem vorherrscht, und daß die Ausbildung dieser in Beziehung zur Dichte steht; so ist z. B. die geringe Ritzbarkeit gewisser {111}-Flächen des Pyrits von Kaiser nicht im Einklange mit der niederen Dichte; dies wird aber verständlich, wenn man bedenkt, daß an diesen Krystallen die zerklüfteten Flächen bei weitem vorherrschen. So erklären sich tatsächlich die scheinbaren Abweichungen auf Grund der Untersuchungen von selbst und der Satz hat wohl allgemeine Giltigkeit:

Zerklüftete Krystalle lassen sich auch auf homogenen Flächenteilen leichter ritzen und haben eine geringere Dichte als fein gestreifte.

## B. Markasit.

Wie von Pyrit sollte auch hierbei möglichst frisches, unverändertes Material verwendet werden. Obwohl mir eine reiche Auswahl vorlag, waren jedoch nur wenige Krystalle einigermaßen brauchbar. Für die Orientierung sei bemerkt, daß die Zwillingsebene *m* als (110) angenommen wurde.

### 1. Markasit von Brüx {101}, {011}.

Es wurden vier einfache pyramidale Krystalle, Combinationen von Makrodoma (*g*) und Brachydoma (*l*) untersucht. *g*{101}, *l*{011}.

Die Dichtebestimmung ergab für den

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Krystall | 4,879 |
| 2. | - | 4,871 |
| 3. | - | 4,887 |
| 4. | - | 4,880 |
| | Mittel | 4,879 |

Beschaffenheit der Krystalloberfläche. Auf den Flächen der beiden Domen herrscht eine hohe Gleichmäßigkeit. Die Flächen erscheinen gut ausgebildet und lassen bei schwacher Vergrößerung kein bestimmtes Liniensystem, sondern nur lichtschwächere und lichtstärkere Partien im Gesichtsfelde unterscheiden. Erst bei starker Vergrößerung treten zwei Liniensysteme auf den beiden Domenflächen auf. Das eine Streifungssystem geht der Combinationskante der gleichnamigen Domen, das zweite jener des Brachydomas und des Makrodomas parallel. Die einzelnen Linien (1—3 $\mu$ breit, 3—24 $\mu$ voneinander entfernt) erscheinen nur als feine matte Streifen auf hellem Grunde.

Die Ritzversuche wurden an jedem Krystalle auf je vier Flächen von {101} und {011} ausgeführt. Die Mittelwerte sind aus der folgenden Tabelle ersichtlich. In dieser, wie in allen nachfolgenden entspricht die 0°-Stellung der Combinationskante der gleichnamigen Domen.

Es herrscht demnach Übereinstimmung in der Ritzbarkeit nach den verschiedenen Richtungen bei geringer Abweichung von 0,1—0,2 $\mu$.

Die beiden Arten von Domen zeigen keinen Unterschied in der Ritzbarkeit.

Tabelle XIII.

1. Markasit von Brüx {101}, {011}. Mittel der Ritzbreiten in $\mu$.

| | {101} | | | {011} | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1. Krystall. | | | | | |
| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| 0° | 19,6 | 13,6 | 9,3 | 19,6 | 13,8 | 9,1 |
| 22½° | 19,5 | 13,8 | 9,2 | 19,5 | 13,7 | 9,2 |
| 45° | 19,6 | 13,7 | 9,2 | 19,5 | 13,7 | 9,2 |
| 67½° | 19,4 | 13,7 | 9,3 | 19,4 | 13,6 | 9,3 |
| 90° | 19,5 | 13,7 | 9,2 | 19,3 | 13,7 | 9,3 |
| | 2. Krystall. | | | | | |
| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| 0° | 19,5 | 13,7 | 9,2 | 19,6 | 13,8 | 9,1 |
| 22½° | 19,6 | 13,8 | 9,3 | 19,4 | 13,7 | 9,2 |
| 45° | 19,4 | 13,7 | 9,2 | 19,4 | 13,6 | 9,3 |
| 67½° | 19,6 | 13,6 | 9,2 | 19,5 | 13,6 | 9,3 |
| 90° | 19,5 | 13,7 | 9,3 | 19,4 | 13,8 | 9,2 |
| | 3. Krystall. | | | | | |
| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| 0° | 19,4 | 13,8 | 9,2 | 19,6 | 13,7 | 9,2 |
| 22½° | 19,5 | 13,8 | 9,2 | 19,4 | 13,6 | 9,3 |
| 45° | 19,5 | 13,7 | 9,3 | 19,4 | 13,6 | 9,3 |
| 67½° | 19,6 | 13,6 | 9,2 | 19,5 | 13,8 | 9,2 |
| 90° | 19,5 | 13,7 | 9,3 | 19,5 | 13,7 | 9,2 |
| | 4. Krystall. | | | | | |
| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| 0° | 19,5 | 13,8 | 9,2 | 19,4 | 13,8 | 9,2 |
| 22½° | 19,4 | 13,7 | 9,2 | 19,6 | 13,7 | 9,3 |
| 45° | 19,6 | 13,6 | 9,3 | 19,6 | 13,6 | 9,3 |
| 67½° | 19,5 | 13,7 | 9,2 | 19,5 | 13,6 | 9,2 |
| 90° | 19,6 | 13,6 | 9,3 | 19,4 | 13,7 | 9,2 |

## 2. Markasit von Cornwall {013}.

Fünf Zwillingskrystalle von Speerkies mit vorwiegendem Brachydoma $r\{013\}$ dienten zur Untersuchung.

Sie erscheinen dem freien Auge gleichmäßig glänzend, der Glanz ist jedoch weniger lebhaft als der der Markasite von Brüx.

Die Dichtebestimmung ergab für den

| | |
|---|---|
| 1. Krystall | 4,860 |
| 2. - | 4,871 |
| 3. - | 4,857 |
| 4. - | 4,859 |
| 5. - | 4,863 |
| Mittel | 4,862 |

Beschaffenheit der Krystalloberfläche. Bei schwacher Vergrößerung tritt eine deutliche Streifung parallel der Domenkante hervor, die sich bei starker Vergrößerung in ein regelmäßiges Bandsystem auflöst. Es erscheinen hierbei breite, helle und dunkle Bänder. Erstere gehören deutlich einer Ebene an, während letztere vertiefte Rinnen vorstellen. Auf den breiten hellen Bändern tritt noch ein äußerst feines Streifensystem auf, dessen Linien 2—6 $\mu$ breit und 6—27 $\mu$ voneinander entfernt sind. Die Breite der breiten Bänder betrug 60—120 $\mu$.

Die Ritzversuche ergaben ein Resultat, das dem der vorigen Versuche ganz analog ist (s. folgende Tabelle).

Tabelle XIV.

2. Markasit von Cornwall {013}.

| Richtg. | 1. Krystall | | | 2. Krystall | | | 3. Krystall | | | 4. Krystall | | | 5. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 19,8 | 13,8 | 9,3 | 19,7 | 13,9 | 9,3 | 19,7 | 13,8 | 9,3 | 19,8 | 13,9 | 9,4 | 19,7 | 13,8 | 9,4 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 19,7 | 13,9 | 9,4 | 19,7 | 13,9 | 9,4 | 19,8 | 13,8 | 9,4 | 19,9 | 13,9 | 9,3 | 19,8 | 13,9 | 9,4 |
| $45^0$ | 19,8 | 13,9 | 9,4 | 19,7 | 13,8 | 9,3 | 19,9 | 13,9 | 9,3 | 19,9 | 13,8 | 9,3 | 19,8 | 13,9 | 9,3 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 19,8 | 13,8 | 9,4 | 19,8 | 13,9 | 9,3 | 19,9 | 13,9 | 9,3 | 19,9 | 13,9 | 9,3 | 19,7 | 13,8 | 9,4 |
| $90^0$ | 19,7 | 13,9 | 9,4 | 19,7 | 13,8 | 9,3 | 19,9 | 13,9 | 9,4 | 20,0 | 13,9 | 9,4 | 19,8 | 13,9 | 9,4 |

### 3. Markasit von Folkestone, England, {013}, {011}.

Die untersuchten Drillingskrystalle des Speerkieses zeigten $r\{013\}$, $l\{011\}$ und daneben einige vicinale Flächen.

Der Glanz der Krystalle war gering.

Die Dichtebestimmung ergab folgende Zahlen:

| | |
|---|---|
| 1. Krystall | 4,839 |
| 2. - | 4,842 |
| 3. - | 4,851 |
| 4. - | 4,849 |
| Mittel | 4,845 |

Beschaffenheit der Krystalloberfläche. Schon mit freiem Auge war eine Parallelstreifung gleichgerichtet zur Kante $r:l$ zu erkennen. Bei schwacher Vergrößerung sah man, daß diese Streifung dadurch zustande kam, daß Streifen von mattem Aussehen mit glänzenden breiteren Streifen

wechselten. Die Entfernung dieser Streifen beträgt 100—240 $\mu$. Bei starker Vergrößerung erkennt man, daß jeder dieser Streifen wieder aus zahlreichen Secundärstreifen besteht, die abwechselnd hell und matt erscheinen. Die matten Flächenteile, die mit den glänzenden in einer Ebene liegen, haben 1—5 $\mu$ Breite und sind 10—24 $\mu$ voneinander entfernt. Mit Ausnahme einiger Flächen, die sich bei starker Vergrößerung als Gruppen unregelmäßiger Vertiefungen darstellten, war sonst keine Inhomogenität auf der Fläche zu beobachten.

Die Ritzversuche (s. folgende Tabelle) ergaben, daß die Ritzbarkeit nach den verschiedenen Richtungen derselben Fläche und die Ritzbarkeit verschiedener Flächen gleich ist.

Tabelle XV.

3. Markasit von Folkestone {013}, {011}.

| | {013} | | | {011} | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **1. Krystall.** | | | | | | |
| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| 0° | 19,9 | 14,1 | 9,6 | 19,9 | 14,1 | 9,6 |
| 22½° | 20,0 | 14,1 | 9,6 | 19,8 | 14,1 | 9,6 |
| 45° | 20,0 | 14,0 | 9,5 | 20,0 | 14,0 | 9,5 |
| 67½° | 20,0 | 14,1 | 9,6 | 20,0 | 14,1 | 9,7 |
| 90° | 19,9 | 14,1 | 9,6 | 19,9 | 14,1 | 9,6 |
| **2. Krystall.** | | | | | | |
| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| 0° | 20,0 | 14,2 | 9,6 | 20,0 | 14,1 | 9,6 |
| 22½° | 20,0 | 14,1 | 9,5 | 20,0 | 14,0 | 9,7 |
| 45° | 19,9 | 14,1 | 9,6 | 19,9 | 14,1 | 9,5 |
| 67½° | 20,0 | 14,0 | 9,6 | 20,0 | 14,1 | 9,7 |
| 90° | 20,0 | 14,1 | 9,6 | 20,0 | 14,1 | 9,7 |
| **3. Krystall.** | | | | | | |
| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| 0° | 20,0 | 14,1 | 9,6 | 20,0 | 14,2 | 9,5 |
| 22½° | 19,9 | 14,1 | 9,5 | 20,0 | 14,2 | 9,6 |
| 45° | 19,9 | 14,2 | 9,6 | 19,9 | 14,1 | 9,6 |
| 67½° | 20,0 | 14,2 | 9,6 | 19,9 | 14,1 | 9,5 |
| 90° | 19,9 | 14,1 | 9,6 | 20,0 | 14,1 | 9,6 |
| **4. Krystall.** | | | | | | |
| Richtung | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| 0° | 20,0 | 14,2 | 9,6 | 20,0 | 14,1 | 9,7 |
| 22½° | 19,9 | 14,1 | 9,5 | 19,9 | 14,2 | 9,6 |
| 45° | 19,9 | 14,2 | 9,6 | 19,9 | 14,2 | 9,5 |
| 67½° | 20,0 | 14,1 | 9,6 | 20,0 | 14,1 | 9,6 |
| 90° | 20,0 | 14,2 | 9,6 | 20,0 | 14,2 | 9,5 |

### 4. Markasit von Dux {110}, {011}, {001}.

Es wurden vier Krystalle, Combinationen von $M\{110\}$, $l\{011\}$ und $p\{001\}$ untersucht. Die Krystalle erscheinen mit freiem Auge beobachtet schwach glänzend und teilweise mit Anlauffarben bedeckt.

Die Dichtebestimmung ergab für den

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Krystall | 4,843 |
| 2. | - | 4,850 |
| 3. | - | 4,867 |
| 4. | - | 4,839 |
| | Mittel | 4,845 |

Beschaffenheit der Krystalloberfläche. Mit freiem Auge ist keinerlei Streifung zu erkennen, sondern nur ein unvollkommener Glanz bemerkbar.

Bei schwacher Vergrößerung ist ein deutliches Streifungssystem parallel zum Brachydoma $l$ nachzuweisen. Dasselbe besteht aus glänzenden, mit Anlauffarben bedeckten, und matten Streifen. Letztere sind 6—9 $\mu$ breit und 9—24 $\mu$ voneinander entfernt.

Ritzversuche. Da hierbei wie bei den vorigen Versuchsreihen eine ebenso weitgehende Übereinstimmung in der Ritzbarkeit der verschiedenen Flächenarten {110}, {011}, {001} festgestellt wurde, sind in der folgenden Tabelle nur die Mittelwerte, die sich auf sämtliche an einem Krystall vorhandenen Flächen beziehen, zusammengestellt.

Tabelle XVI.

4. Markasit von Dux {110}, {011}, {001}.

| Richtung | 1. Krystall | | | 2. Krystall | | | 3. Krystall | | | 4. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 20,0 | 14,4 | 9,7 | 20,0 | 14,3 | 9,8 | 20,0 | 14,4 | 9,6 | 20,0 | 14,4 | 9,6 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 20,0 | 14,3 | 9,6 | 19,9 | 14,4 | 9,7 | 19,9 | 14,5 | 9,8 | 20,0 | 14,3 | 9,5 |
| $45^0$ | 19,9 | 14,3 | 9,5 | 20,0 | 14,4 | 9,7 | 19,9 | 14,3 | 9,6 | 20,0 | 14,4 | 9,6 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 20,0 | 14,4 | 9,6 | 19,9 | 14,5 | 9,6 | 19,9 | 14,5 | 9,6 | 19,9 | 14,4 | 9,6 |
| $90^0$ | 20,0 | 14,3 | 9,6 | 20,0 | 14,4 | 9,6 | 20,0 | 14,4 | 9,7 | 20,0 | 14,3 | 9,5 |

### 5. Markasit von Littmitz {013}, {011}.

An den untersuchten vier Vierlingskrystallen des Speerkieses traten außer den gewöhnlichen $r\{013\}$ und $l\{011\}$ noch Vicinalflächen zu diesen auf.

Die Krystalle zeigten sich dem freiem Auge wenig glänzend bis matt.

Die Dichtebestimmungen ergaben folgende Zahlen:

| | | |
|---|---|---|
| Für den 1. | Krystall | 4,840 |
| 2. | - | 4,831 |
| 3. | - | 4,807 |
| 4. | - | 4,810 |
| | Mittel | 4,822 |

Beschaffenheit der Krystalloberfläche. Mit freiem Auge war eine deutliche Parallelriefung nach der Kante $r:l$ wahrzunehmen. Dieselbe gab sich bei schwacher Vergrößerung als ein System breiter Bänder zu erkennen. Zwischen diesen Bändern gab es sehr wenige Stellen, die eine gute ebene Ausbildung erkennen ließen. Die größten Teile der Flächen sahen fein gekörnt aus und es gelang nicht, eine bestimmte Gestalt an den diese Körnelung verursachenden Vertiefungen festzustellen. Ferner ist zu erwähnen, daß ein allmählicher Übergang zwischen den glänzenden und matten Stellen stattfindet, insofern als sich zuerst eine feine, dann eine grobe Körnelung einstellt. Je mehr man sich diesen matten Stellen nähert, desto mehr verschwindet nach und nach die feine Streifung der glänzenden Flächenteile. Die einzelnen feinen Streifen waren 2—5 $\mu$ breit und 12—24 $\mu$ voneinander entfernt. Die Entfernung der breiten Riefen betrug 120—360 $\mu$.

Ritzversuche wurden auf den Flächen {013} und {011} und zwar auf je vier in jedem Krystalle durchgeführt.

Da die Ritzbreiten auf den Flächen der verschiedenen Domen gut übereinstimmten, so sind in der folgenden Tabelle wie bei den vorigen Versuchsreihen nur die Mittelwerte aller auf einen Krystall bezüglichen

Tabelle XVII.

5. Markasit von Littmitz {013}, {011}.

| Richtung | 1. Krystall | | | 2. Krystall | | | 3. Krystall | | | 4. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 20,4 | 14,6 | 10,2 | 20,5 | 14,7 | 10,4 | 20,8 | 14,8 | 10,9 | 20,7 | 14,9 | 10,9 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 20,4 | 14,7 | 10,1 | 20,6 | 14,8 | 10,5 | 20,7 | 14,9 | 10,8 | 20,7 | 14,9 | 10,8 |
| $45^0$ | 20,5 | 14,6 | 10,1 | 20,6 | 14,7 | 10,4 | 20,9 | 15,0 | 10,8 | 20,6 | 14,8 | 10,9 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 20,5 | 14,7 | 10,2 | 20,5 | 14,7 | 10,4 | 20,8 | 14,9 | 10,9 | 20,6 | 15,0 | 10,9 |
| $90^0$ | 20,4 | 14,6 | 10,2 | 20,6 | 14,7 | 10,5 | 20,8 | 14,9 | 10,9 | 20,7 | 14,9 | 10,9 |
| Mittel | 20,44 | 14,64 | 10,16 | 20,56 | 14,72 | 10,44 | 20,80 | 14,90 | 10,86 | 20,66 | 14,90 | 10,89 |

Messungen eingetragen. Es ist daraus ersichtlich, daß die Ritzbarkeit nach sämtlichen Richtungen gut übereinstimmt. Die Abweichung in der Ritzbarkeit bei den verschiedenen Krystallen steht in deutlicher Beziehung zur Dichte, indem die dichteren Krystalle im allgemeinen schwerer ritzbar sind, wie aus folgender Zusammenstellung hervorgeht:

| | | Ritzbreite (Mittel) in $\mu$ bei der Belastung von | | |
|---|---|---|---|---|
| | Dichte: | 50 g | 20 g | 10 g |
| Krystall 1: | 4,840 | 20,44 | 14,64 | 10,16 |
| - 2: | 4,831 | 20,56 | 14,72 | 10,44 |
| - 4: | 4,819 | 20,66 | 14,90 | 10,88 |
| - 3: | 4,807 | 20,80 | 14,90 | 10,86 |

### 6. Markasit von Carterville, Missouri, {110}, {001}.

Die fünf Viellingskrystalle des Kammkieses zeigen vorwiegend $M\{110\}$ und $P\{001\}$. Sie sind, mit freiem Auge betrachtet, gleichmäßig matt und lassen eine deutliche Riefung erkennen.

Die Dichtebestimmung ergab für den

| | | |
|---|---|---|
| 1. | Krystall | 4,792 |
| 2. | - | 4,803 |
| 3. | - | 4,785 |
| 4. | - | 4,782 |
| 5. | - | 4,790 |
| | Mittel | 4,790 |

Beschaffenheit der Krystalloberfläche. Hauptsächlich wurden die großen Flächen $P\{001\}$ untersucht.

Bei schwacher Vergrößerung gibt sich die mit freiem Auge sichtbare Parallelstreifung als deutliches Bandsystem zu erkennen. Unregelmäßig verteilt sind auf den {001}-Flächen Risse, die untereinander Winkel von 25°—40° einschließen. Es läßt sich nicht ermitteln, ob die Schenkel eine bestimmte Orientierung auf der Fläche einnehmen. Bei starker Vergrößerung löst sich das grobe Streifungssystem in so viele feinere Streifen auf, daß eine Homogenität nicht mehr wahrzunehmen ist. Es ist auch die Breite der einzelnen Bänder nicht meßbar, da sie gegeneinander nicht scharf abgegrenzt sind. Über allen Streifen liegen die winkelbildenden Sprünge und viele andere kleine, meist ohne bestimmte Richtung.

Ritzversuche wurden auf den $P$-Flächen ausgeführt. In der folgenden Tabelle sind die Mittelwerte, die für einen Krystall erhalten wurden, eingetragen.

Tabelle XVIII.

6. Markasit von Carterville. Mittel der Ritzbreiten in $\mu$ auf $P\{001\}$.

| Richtung | 1. Krystall | | | 2. Krystall | | | 3. Krystall | | | 4. Krystall | | | 5. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| 0° | 20,8 | 14,8 | 10,6 | 20,9 | 14,8 | 10,6 | 20,9 | 14,9 | 10,6 | 20,9 | 14,9 | 10,8 | 20,9 | 14,8 | 10,6 |
| $22\frac{1}{2}$° | 20,8 | 14,9 | 10,6 | 20,8 | 14,9 | 10,7 | 20,9 | 14,9 | 10,8 | 21,0 | 14,9 | 10,9 | 20,8 | 14,9 | 10,7 |
| 45° | 20,7 | 14,8 | 10,5 | 20,8 | 14,9 | 10,7 | 20,9 | 15,0 | 10,8 | 20,9 | 15,0 | 10,8 | 20,9 | 14,9 | 10,7 |
| $67\frac{1}{2}$° | 20,9 | 14,8 | 10,7 | 20,9 | 14,8 | 10,6 | 20,9 | 14,9 | 10,8 | 20,9 | 14,9 | 10,8 | 20,9 | 14,8 | 10,6 |
| 90° | 20,8 | 14,9 | 10,6 | 20,8 | 14,9 | 10,7 | 21,0 | 14,9 | 10,8 | 21,0 | 14,9 | 10,8 | 20,9 | 14,9 | 10,6 |

Die Ritzbarkeit ist nach verschiedenen Richtungen übereinstimmend und schwankt bei den einzelnen Krystallen um 0,2—0,4 $\mu$.

### 7. Markasit von Zacatecas, Mexico, {101}, {011}.

Zur Untersuchung dienten sechs von einer Druse losgelöste Krystalle, die in der Form denen von Brüx entsprachen. Sie erschienen pyramidal,

und zwar waren sie Combinationen von $g\{101\}$ und $l\{011\}$. Die Krystalle waren gleichmäßig matt.

Ihre Dichte betrug:

| | | |
|---|---|---|
| 1. Krystall | | 4,627 |
| 2. | - | 4,619 |
| 3. | - | 4,592 |
| 4. | - | 4,630 |
| 5. | - | 4,577 |
| 6. | - | 4,607 |
| | Mittel | 4,609 |

Beschaffenheit der Krystalloberfläche. Die Flächen ($g$ und $l$) sind von einer großen Anzahl von Sprüngen durchzogen, was man schon mit freiem Auge erkennen kann. Unter dem Mikroskop erscheinen diese Sprünge sehr deutlich und von wechselnder Breite und Tiefe. Die Breite schwankt zwischen $3\mu$—$12\mu$, die Tiefe zwischen $1\mu$—$20\mu$. Sie sind richtungslos auf der Fläche verteilt und bedecken diese fast völlig, so daß die Fläche unter dem Mikroskop ein mattes grauschwarzes Aussehen bietet. Es sind daher nur wenige glänzende Stellen bemerkbar, die in der eigentlichen Domenebene liegen.

Die Ritzversuche beziehen sich auf die Stellen mit den feinsten Sprüngen; nur in diesem Falle konnte die Ritzbreite befriedigend ermittelt werden.

Da die Schwankungen in der Ritzbreite auf den verschiedenen Flächen sehr geringe sind ($0{,}2\mu$), so sind wie früher nur die Mittelwerte daraus in der folgenden Tabelle eingetragen.

Tabelle XIX.

7. Markasit von Zacatecas $\{101\}$, $\{011\}$.

| Richtung | 1. Krystall | | | 2. Krystall | | | 3. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 21,0 | 15,0 | 10,9 | 21,0 | 14,9 | 11,0 | 21,0 | 15,1 | 10,9 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 21,0 | 15,0 | 11,0 | 21,0 | 15,0 | 10,9 | 21,2 | 15,0 | 11,0 |
| $45^0$ | 21,0 | 14,9 | 11,0 | 20,9 | 15,0 | 11,0 | 21,1 | 15,1 | 11,0 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 20,9 | 15,0 | 10,9 | 20,9 | 15,0 | 11,0 | 21,1 | 15,2 | 10,9 |
| $90^0$ | 21,0 | 15,0 | 11,0 | 21,0 | 14,9 | 10,9 | 21,1 | 15,1 | 11,0 |

| Richtung | 4. Krystall | | | 5. Krystall | | | 6. Krystall | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 | 50 | 20 | 10 |
| $0^0$ | 20,9 | 15,0 | 10,9 | 21,2 | 15,1 | 10,9 | 21,0 | 14,9 | 11,0 |
| $22\frac{1}{2}^0$ | 21,0 | 15,1 | 11,0 | 21,1 | 15,1 | 11,1 | 21,0 | 14,9 | 11,0 |
| $45^0$ | 21,0 | 14,9 | 10,9 | 21,2 | 15,2 | 11,1 | 20,9 | 15,0 | 11,0 |
| $67\frac{1}{2}^0$ | 21,0 | 15,0 | 11,0 | 21,2 | 15,2 | 11,0 | 21,0 | 15,0 | 10,9 |
| $90^0$ | 21,0 | 15,0 | 11,0 | 21,2 | 15,1 | 11,1 | 20,9 | 15,0 | 11,0 |

Wie bisher so wurden auch hier keine Verschiedenheiten in der Ritzbarkeit nach den verschiedenen Richtungen wahrgenommen.

### Ergebnisse der Untersuchungen an Markasit.

Die Krystallflächen erscheinen selten lebhaft glänzend, erreichen niemals den Glanz mancher Pyrite und zeigen alle Übergänge bis zum matten Aussehen.

Der Glanz steht nachweisbar in Beziehung zur Zahl und Größe der Unebenheiten. Als solche kommen wie bei Pyrit Streifen verschiedener Stärke und Sprünge vor. Krystalle mit zahlreichen Sprüngen erscheinen stets matt, solche mit Streifen zeigen die Übergänge von matt zu glänzend. Die Ausbildungsweise der Unebenheiten zeigt ähnliche Verschiedenheiten wie am Pyrit.

Die Unebenheiten erscheinen meist als Vertiefungen und heben sich durch ihr mattes Aussehen von den glänzenderen Teilen der Fläche ab. Mitunter sind die Streifensysteme der Ausdruck von Stufenbildungen, jedoch keineswegs allgemein, wie bei Pyrit.

Stufenbildung ist stets wahrzunehmen bei scheinbaren Wölbungen der Krystallfläche.

Wie aus der Tabelle XXI ersichtlich, ist die Homogenität der Oberfläche, welche makroskopisch an der Ausbildung des Glanzes erkannt und mikroskopisch nachgewiesen werden kann, umso vollkommener, je größer die Dichte ist, auch zeigen Krystalle mit vollkommener Homogenität eine niedere Ritzbreite, d. h. je deutlicher die Homogenität ausgesprochen ist, desto größer ist die Dichte, aber um so geringer die Ritzbarkeit. Zerklüftete Krystalle sind also, selbst an scheinbar homogenen Stellen, leicht ritzbar, vermutlich aus derselben Ursache, wie sie für Pyrit angenommen wurde (s. S. 604); es können auch an homogenen Stellen solcher Krystalle Spannungen angenommen werden, die zur leichten Deformation an diesen Stellen führen.

Die Beziehung zwischen Dichte und Ritzbreite ist bei Markasit noch deutlicher als bei Pyrit, wohl deshalb, weil sämtliche Flächen desselben Krystalls in der Oberflächenentwicklung weitgehend übereinstimmen, was bei Pyrit nicht der Fall war.

Die Streifensysteme des Markasits gehen ausschließlich den Domenkanten parallel.

Geschliffene Flächen konnten nicht in entsprechender Qualität erhalten werden.

## § 4. Ergebnisse der Ritzversuche.

Stellt man die Ergebnisse der Ritzversuche an den natürlichen Flächen beim Pyrit und Markasit übersichtlich zusammen, wie es in den nachfolgenden Tabellen geschehen ist, so sieht man, daß wohl Abweichungen in der

Ritzbreite auf den einzelnen Flächen der verschiedenen Formen bestehen, daß aber auch hier sich ein deutlicher Zusammenhang zwischen der Dichte und der Ritzbarkeit ergibt, derart, daß, wie schon früher (S. 580, 586 und 591) hervorgehoben wurde, der specifisch leichtere Krystall auch der weichere ist. Diese Erscheinung könnte ihren Grund haben in der Differenz der chemischen Zusammensetzung der einzelnen Vorkommen. Ich habe nun versucht, beim Pyrit eine Entscheidung in der Weise herbeizuführen, indem ich von je drei Fundorten zwei in der Dichte möglichst abweichende Krystalle chemisch untersuchte. Die Ergebnisse dieser Analysen sind folgende:

a) Pyrit von Elba {201}:

| | Krystall 1 | Krystall 3 |
|---|---|---|
| | $D = 5{,}098$ | $D = 5{,}153$ |
| *Fe* | 46,02% | 46,19% |
| *Cu* | 0,59 | 0,63 |
| *Ag* | Spur | Spur |
| *Ni* | 0,04 | 0,07 |
| *S* | 51,70 | 51,55 |
| *As* | 0,93 | 0,78 |
| | 99,28% | 99,22% |

b) Pyrit von Hüttenberg {201}:

| | Krystall 3 | Krystall 5 |
|---|---|---|
| | $D = 5{,}113$ | $D = 5{,}078$ |
| *Fe* | 46,18% | 46,32% |
| *Cu* | 0,04 | 0,09 |
| *Co* | 0,09 | 0,06 |
| *Ni* | Spur | Spur |
| *S* | 51,90 | 51,78 |
| *As* | 1,73 | 1,52 |
| | 99,94% | 99,77% |

c) Pyrit vom Seegraben:

| | Krystall 1 | Krystall 4 |
|---|---|---|
| | $D = 5{,}101$ | $D = 5{,}068$ |
| *Fe* | 45,98% | 46,07% |
| *Cu* | 0,29 | 0,26 |
| *Co* | 0,18 | 0,16 |
| *Ni* | 0,02 | 0,03 |
| *Mn* | Spur | Spur |
| *S* | 51,95 | 51,83 |
| *As* | 1,19 | 1,28 |
| | 99,61% | 99,63% |

Daraus ergibt sich, daß die weniger dichten und die dichteren Krystalle chemisch in sehr geringem Maße voneinander abweichen. Es bleibt

also für die oben mitgeteilte Erscheinung nur die eine Deutung übrig, daß die specifisch leichteren Krystalle eine Lockerung im Gefüge erfahren haben, wofür ja auch die mikroskopische Beschaffenheit spricht, und daß mit dieser Lockerung eine erhöhte Ritzbarkeit zusammenhängt.

Will man nun einen Wert für die Härte vom Pyrit und Markasit aus den gegebenen Resultaten ableiten, so kann dies, wie ich schon in meiner Arbeit[1]) vom Vorjahre mitgeteilt habe, dadurch geschehen, daß man die Volumina der durch das Ritzen entfernten Teilchen berechnet, die dann umgekehrt proportional der Härte sein würden. Das Volumen ist leicht zu ermitteln aus der Breite $b$, der Tiefe $t$ und aus einer bestimmten Länge des Ritzes (am besten als $1\,\mu$ anzunehmen).

Es wäre danach, wenn man als Querschnitt des Härteritzes ein gleichschenkliges Dreieck annimmt, das Volumen des Ritzes für $1\,\mu$ Länge $V = \frac{b}{2} \cdot t \cdot 1\,\mu^3$. Da nun $t = \frac{b}{2} \cdot \operatorname{tg}\alpha$, so ist $V = \frac{b^2}{4} \cdot \operatorname{tg}\alpha$. Für eine andere Belastung wäre $V_1 = \frac{b_1^2}{4} \operatorname{tg}\alpha$; setzt man nun die Härtegrade bei den Belastungen gleich $H$ und $H_1$, so ergibt sich aus obiger Annahme

$$H : H_1 = V_1 : V = b_1^2 : b^2,$$

d. h. die Härtegrade wären verkehrt proportional den Quadraten der Ritzbreiten.

Den nachfolgenden Berechnungen habe ich als Einheit die Härte des Topas bei der Belastung von 50 g und 20 g zugrunde gelegt und diese Härte gleich 1000 gesetzt.

Da ich während des Gebrauches der Methode erkannte, daß ihre Genauigkeit durch Übung wesentlich gesteigert werden kann, so habe ich mit Topas noch viele sorgfältige Ritzversuche angestellt und kann als Mittel der Ritzbreite auf sämtlichen Flächen folgende Zahlen angeben:

| Belastung | 50 g | 20 g |
|---|---|---|
| Ritzbreite | 7,14 $\mu$ | 5,13 $\mu$ (bei 10 g Belastung war die Ritzbreite nicht mehr genau meßbar). |

Will man für Topas = 1000 die Härte des Pyrits und Markasits berechnen, so hat man folgende Zahlen zu benutzen (wenn man nur die homogensten Krystalle berücksichtigt):

| | | | |
|---|---|---|---|
| a) Pyrit von Elba | Belastung | 50 g | 20 g |
| | Ritzbreite | 16,0 $\mu$ | 12,0 $\mu$; |
| b) Markasit von Dux | Belastung | 50 g | 20 g |
| | Ritzbreite | 19,5 $\mu$ | 13,7 $\mu$. |

Für Pyrit wäre bei Belastung von 50 g

$$1000 : x = 16^2 : 7{,}14^2, \text{ daraus } x = 199{,}1,$$

1) V. Pöschl, Die Härte der festen Körper und ihre physikal.-chem. Bedeutung, Dresden 1909.

bei Belastung von 20 g

$1000 : x = 12^2 : 5{,}13^2$, daraus $x = 182{,}8$.

Für Markasit ergibt sich bei Belastung von 50 g

$1000 : x = 19{,}5^2 : 7{,}14^2$, daraus $x = 134{,}1$,

bei Belastung von 20 g

$1000 : x = 13{,}7^2 : 5{,}13^2$, daraus $x = 140{,}2$.

Es folgt daraus, daß wie bei anderen polymorphen Substanzen auch die Härte von Markasit und Pyrit verschieden ist, und daß die Härte des specifisch leichteren Minerals (des Markasits) die geringere ist.

Ferner ergibt sich aus der Berechnung, daß es für die Bestimmung der Härte keineswegs belanglos ist, welche Belastung dem Vergleiche zugrunde gelegt wird.

Es wäre also, wenn diese Methode der Härtebestimmung mehr Verbreitung finden sollte, immer anzugeben, bei welcher Belastung die Härte bestimmt wird.

## Gesamtergebnisse.

Die Ergebnisse der Arbeit sind in Kürze folgende:

1. Pyrit und Markasit weisen eine verschiedene Härte auf, und zwar beträgt die Härte des Pyrits (wenn man die Härte des Topas = 1000 setzt), unter Zugrundelegung der

| | |
|---|---|
| Belastung von 50 g | 199,1 |
| - - 20 g | 182,2. |

Die Härte des Markasits beträgt unter Annahme der

| | |
|---|---|
| Belastung von 50 g | 134,1 |
| - - 20 g | 140,2. |

2. Die Härte auf einer und derselben Fläche variiert bei Pyrit und Markasit nicht mit der Streifungsrichtung.

3. Ein Unterschied der Härte auf verschiedenen Flächen eines und desselben Krystalls ist nicht vorhanden, wenn die Oberflächenbeschaffenheit gleich ist.

4. Härtedifferenzen treten nur dann auf, wenn die mikroskopische Betrachtung der Fläche oder die Dichte auf eine Alteration des Gefüges der Fläche oder des Krystalls schließen läßt.

5. Es ist mit großer Wahrscheinlichkeit festgestellt, daß Pyrit nicht pentagonal hemiëdrisch, sondern tetraëdrisch-pentagondodekaëdrisch krystallisiert. Für diese Behauptung spricht das ungleiche Verhalten der Oktaëderfläche in bezug auf Glanz, Löslichkeit und Structur (Streifung), dann die feinere Streifung auf den Würfel- und Pentagondodekaëderflächen und endlich die Lage der künstlichen Ätzfiguren und natürlichen Ätz(?)-Eindrücke.

Zum Schlusse sei es mir gestattet, Herrn Universitätsprof. Dr. R. Scharizer für die freundlichen Ratschläge, die er mir während der Ausführung der Arbeit zuteil werden ließ, meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen.

## Tabelle XX. Übersicht der Untersuchungen an Pyrit.

| Pyrit Nr. | Krystallformen vorherrschend | Krystallformen untergeordnet | Fundort | Grad des Glanzes | Beschaffenheit der Oberfläche | $D$ | Krystallflächen {100} Belastung in Grammen 50 | {100} 20 | {100} 10 | {111} $O_1$ 50 | {111} $O_1$ 20 | {111} $O_1$ 10 | {111} $O_2$ 50 | {111} $O_2$ 20 | {111} $O_2$ 10 | {201} 50 | {201} 20 | {201} 10 | {632} 50 | {632} 20 | {632} 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | {632} | — | Elba | I | 1. feines Streifensystem ‖ {100} | 5,169 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 16,0 | 12,0 | 8,0 |
| | | | | | 2. sehr feines Streifensystem ‖ {100} | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2 | {201} | — | Elba | I | sehr feines Streifensystem ‖ {100} | 5,137 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 16,0 | 12,6 | 8,0 | — | — | — |
| 3 | {111} | — | Traversella | II | feinste Streifensysteme nach verschied. Richtungen | 5,137 | — | — | — | 16,8 | 12,5 | 8,5 | 17,0 | 12,8 | 8,6 | — | — | — | — | — | — |
| 4 | {100} | — | Kalsche | II | feines Streifungssyst. ‖ [{100}] u. {111} | 5,134 | 17,0 | 12,7 | 8,7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 5 | {100} | — | Kohlberg | I—II | feines Streifungssyst. ‖ {100} und ‖ {111} | 5,134 | 17,0 | 12,6 | 8,6 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 6 | {201} | — | Hüttenberg | II | ellipt. Fleckch. ‖ {100} | 5,093 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 16,8 | 12,5 | 8,6 | — | — | — |
| 7 | {201} | vic. Fl. | Seegraben | III | Streifensyst. ‖ {100} | 5,083 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 17,1 | 12,6 | 8,8 | — | — | — |
| 8 | {100} | {111} | Trofaiach | II | {100}, feines Streifensystem ‖ {111}, Riefensystem ‖ {100} | 5,102 | 17,3 | 13,0 | 8,9 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | {111} a. Streifensyst. ‖ {100} | | — | — | — | 17,3 | 13,0 | 8,9 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | {111} b. Streifensyst. schief | | — | — | — | — | — | — | 18,2 | 13,3 | 9,3 | — | — | — | — | — | — |
| 9 | {100} | — | Tavistock | III | Riefen- u. Liniensyst. ‖ {100} | 5,031 | 18,3 | 13,3 | 9,5 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 10 | {100} | {111} | Schneidergraben | IV | {100} Streifen in groß. Menge, ohne bestimmte Richtung | 4,970 | 18,6 | 13,6 | 9,7 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | {111} a. wen. \| Unebenh. | | — | — | — | 18,4 | 13,5 | 9,4 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | {111} b. mehr \| als (100) | | — | — | — | — | — | — | 18,8 | 13,7 | 9,7 | — | — | — | — | — | — |
| 11 | {201} | — | Schemnitz | V | zerklüftet | 4,970 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 18,8 | 13,7 | 10,0 | — | — | — |
| 12 | {100} | {111} | Kaiser | IV | {100} zerklüftet | | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | {111} a. glänzend | 4,974 | 19,0 | 13,7 | 10,0 | 18,6 | 13,5 | 9,9 | 18,9 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| | | | | | {111} b. zerklüftet | | — | — | — | — | — | — | — | 13,7 | 10,0 | — | — | — | — | — | — |

## Tabelle XXI.

## Übersicht der Untersuchungen an Markasit.

| Markasit Nr. | Krystallformen vorherrschend | Krystallformen untergeordnet | Fundort | Grad des Glanzes | Beschaffenheit der Oberfläche | $D$ | Krystallflächen {101} Belastung in Grammen 50 | {101} 20 | {101} 10 | {011} 50 | {011} 20 | {011} 10 | {013} 50 | {013} 20 | {013} 10 | {110} 50 | {110} 20 | {110} 10 | {001} 50 | {001} 20 | {001} 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | {101} | {011} | Brüx | I—II | feinste Streifensyst. ‖ {101} und ‖ {011} | 4,879 | 19,5 | 13,7 | 9,2 | 19,5 | 13,7 | 9,2 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2 | {013} | — | Cornwall | II | Streifensysteme ‖ {013} : {073} | 4,862 | — | — | — | — | — | — | 19,8 | 13,9 | 9,4 | — | — | — | — | — | — |
| 3 | {013} | {011} | Folkestone | III | Streifensysteme ‖ {013} : {011} | 4,845 | — | — | — | 20,0 | 14,1 | 9,6 | 20,0 | 14,1 | 9,6 | — | — | — | — | — | — |
| 4 | {110} | {011} {001} | Dux | III | Streifensysteme ‖ den Domen | 4,845 | — | — | — | 20,0 | 14,4 | 9,6 | — | — | — | 20,0 | 14,4 | 9,6 | 20,0 | 14,4 | 9,6 |
| 5 | {013} | {011} | Littmitz | IV | Streifensysteme ‖ den Domen | 4,822 | — | — | — | 20,6 | 14,8 | 10,6 | 20,6 | 14,8 | 10,6 | — | — | — | — | — | — |
| 6 | {110} | {001} | Carterville | V | Streifensysteme ‖ dem Brachydoma | 4,790 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 20,9 | 14,9 | 10,7 |
| 7 | {101} | {011} | Zacatecas | V | zahlreiche Sprünge ohne best. Richtung | 4,609 | 21,0 | 15,0 | 11,0 | 21,0 | 15,0 | 11,0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — |

# XXXVIII. Über Datolith.

Von

**R. Görgey und V. Goldschmidt** (Heidelberg).

(Hierzu Taf. VIII—X und 1 Textfigur.)

---

Anlaß zu vorliegender Untersuchung gab ein neuer Fund des Datoliths vom Berge Karadagh auf der Halbinsel Krim, den Professor K. A. Redlich in Leoben Görgey zur Untersuchung überlassen hatte, wofür ihm bestens gedankt sein möge. Krystalle dieses Fundortes waren bisher, soweit uns bekannt, nur von S. Popoff[1]) beschrieben worden. Die Bearbeitung unseres Materiales ergab zu dem Bekannten manche Ergänzungen. Es wurden zur Untersuchung noch Datolithe von einigen anderen Fundorten herangezogen und Gelegenheit genommen, die Formen des Datoliths kritisch zu discutieren.

Folgendes Literaturverzeichnis soll die wesentlichen Publicationen über die Formen des Datoliths geben.

**Literatur.**

1810. Hausmann, Beitr. z. Oryct.
1821. Mohs, Gilb. Ann. **68**, 401.
1822. Hauy, Min.
1823. Lévy, Ann. Phil. (2) **2**, 310.
1823. Phillips, Min. 380.
1824. Mohs, Min. **2**, 253.
1825. Mohs-Haidinger, Min.
1827. Phillips, Phil. Mag. 40.
1828. Weiß, Berliner Ak. Abh. 63.
1834. Kayser, Min. Samml. Bergmann.
1837. Lévy, Descript. **1**, 179 u. 182.
1837. Presl, Min. 519.
1844. Dana, J. D., Syst. 342.
1847. Hausmann, Min. **2**, 910.
1849. Haidinger, Wien. Sitzber. **2**, 215.
1852. Miller, Min. 409.
1854. Hess, Pogg. Ann. **93**, 380.
1855. Schröder, Pogg. Ann. **94**, 235.

---

1) Bull. soc. nat. Moscou 1902, **16**, 469. Ref. diese Zeitschr. 1904, **39**, 621.

1856. Dana, J. D., Syst. 334.
1858. Dauber, Pogg. Ann. **103**, 116.
1858. Greg und Lettsom, Min. 230.
1858. Schröder, Pogg. Ann. **98**, 34.
1862. Des Cloizeaux, Man. **1**, 167.
1862. Hessenberg, Senckb. Abh. **4**, 28.
1869. Rammelsberg, Zeitschr. d. geol. Ges. **21**, 807.
1872. Dana, E. S., Am. Journ. (3) **4**, 16.
1873. Dana, J. D., Syst. 380.
1874. Dana, E. S., Min. Mitt. **4**, 1.
1877. Bombicci, Mem. Ac. Bologna **8**, 311. Ausz. diese Zeitschr. **2**, 505.
1877. Quenstedt, Min. 423.
1878. Groth, Straßburger Samml. 186.
1880. Vrba, diese Zeitschr. **4**, 358.
1881. Kokscharow, Mat. Min. Rußl. **8**, 139.
1881. Lehmann, diese Zeitschr. **5**, 529.
1881. Vrba, diese Zeitschr. **5**, 425.
1882. Emerson, Am. Journ. (3) **24**, 352. Ausz. diese Zeitschr. **9**, 87.
1885. Luedecke, diese Zeitschr. **10**, 198.
1885. Luedecke, Zeitschr. Nat. Halle **58**, 88 u. 276. Ausz. d. Ztschr. **12**, 294.
1885. Molinari (Lavalle), Atti soc. it. sc. nat. **28**, 176. Ausz. diese Zeitschr. **11**, 408.
1886. Schulze, Mitt. nat. Ver. Neu-Vorpommern und Rügen (Greifswald) **18**, 58. Ausz. diese Zeitschr. **17**, 294.
1887. Brugnatelli, diese Zeitschr. **13**, 154.
1887. Franzenau, Math. nat. Ber. Ungarn 241. Ausz. diese Zeitschr. **14**, 390.
1887. Luedecke, Zeitschr. Nat. Halle **60**, 471. Ausz. diese Zeitschr. **14**, 597.
1887. Negri, Rivista **1**, 45. Ausz. diese Zeitschr. **14**, 516.
1887. Riechelmann, diese Zeitschr. **12**, 436.
1888. Luedecke, Zeitschr. Nat. Halle **61**, 235. Ausz. diese Zeitschr. **18**, 280.
1888. Sansoni, Atti Ac. Torino **23**. Ausz. diese Zeitschr. **18**, 81.
1891. Goldschmidt, diese Zeitschr. **18**, 280.
1891. Busz, diese Zeitschr. **19**, 22.
1892. Dana, E. S., Syst. 502.
1893. Lacroix, Min. Franc. **1**, 75.
1893. Pirsson, Am. Journ. **45**, 101. Ausz. diese Zeitschr. **25**, 96.
1895. Luedecke, Min. Harz 418.
1895. Osann, diese Zeitschr. **24**, 543.
1898. Farrington, Am. Journ. (4) **5**, 285, 286. Ausz. d. Zeitschr. **32**, 591.
1901. Busz, Centralbl. Min. 547. Ausz. diese Zeitschr. **37**, 661.
1901. Eakle, Bull. Univ. Californien 317. Ausz. diese Zeitschr. **37**, 81.
1902. Popoff, Bull. soc. nat. Moscou **16**, 469. Ausz. diese Zeitschr. **39**, 621.
1903. Goodchild, Trans. geol. soc. Glasgow, Suppl. **12**, 16. Ausz. diese Zeitschr. **45**, 305.
1903. Slavík und Fišer, Centralbl. Min. 231. Ausz. d. Zeitschr. **41**, 645.
1904. Wada, Min. Japans 103. Ausz. diese Zeitschr. **43**, 290.
1905. Anderson, Rec. Austr. Mus. 6. Ausz. diese Zeitschr. **45**, 314.
1905. Cornu und Himmelbauer, Mitt. nat. Ver. Wien; 12. Ausz. diese Zeitschr. **44**, 300.
1905. Tacconi, Rendic. Ac. Linc. **14**, 705. Ausz. diese Zeitschr. **43**, 415.

1905. Whitlock, New York, State Museum 19. Ausz. d. Ztschr. **43**, 394.
1906. Wada, Beitr. Min. Jap. **2**, 58. Ausz. diese Zeitschr. **45**, 317.
1907. Kraus und Cook, diese Zeitschr. **42**, 325.
1909. Ungemach, Bull. soc. franc. **32**, 397.

Es wurde die Aufstellung der Winkeltabellen (nach Rammelsberg) angenommen, die den Vorzug vor der von Dana (nach Lévy Humboldtit) acceptierten deshalb verdient, weil in ihr eine großflächige, gut entwickelte Prismenzone [$c\,t\,g\,m$] in den meisten Fällen Anschauung und Messung erleichtert. Der Ansicht von Kraus und Cook[1]), daß Dana's Aufstellung einfachere Symbole liefert, können wir nicht beistimmen.

Die Buchstaben in der folgenden Beschreibung sind (wo nicht anders gesagt) die der Winkeltabellen.

Die Elemente des Datoliths sind bei der vortrefflichen Ausbildung der Krystalle und der Zuverlässigkeit der Beobachter so gut gesichert, daß eine Kritik oder Neubestimmung nicht nötig erschien. Es wurden die Elemente aus Goldschmidt's Winkeltabellen (nach Dauber's Messungen) beibehalten:

$$p_0 q_0 \mu = 1{,}0025\,;\ 0{,}6345\,;\ 89^0 51'.$$
$$a : b : c = 0{,}6329 : 1 : 0{,}6345\,;\ \beta = 90^0 9'.$$

## Datolith vom Karadagh (Krim).

Popoff gibt für diesen Fundort zwei ausgebildete Typen an:

1. Große, farblose Krystalle mit complicierter Combination:
   $c\,t\,m\,M\,n\,\mu\,x$.
2. Kleine, hellrosa gefärbte Krystalle mit: $a\,\varepsilon\,n$.

Die uns vorliegenden Krystalle stammen alle von einer größeren Stufe. Die Datolithe sitzen auf einer Unterlage von Carbonaten und sind selbst stellenweise von kleinen gelblichen Calcitkryställchen überdeckt.

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 70,98 |
| $TiO_2$ | Spur |
| $Al_2O_3$ | 14,61 |
| $Fe_2O_3$ | 0,67 |
| $FeO$ | 1,13 |
| $MgO$ | 1,13 |
| $CaO$ | 4,76 |
| $Na_2O$ | 3,34 |
| $K_2O$ | 1,67 |
| $H_2O$ | 1,25 |
| $P_2O_5$ | Spur |
| $CO_2$ | 0,27 |
| | 99,81 |

1) Diese Zeitschr. 1907, **42**, 326.

Die Stufe gehörte zur Auskleidung einer Druse in einem Gesteine, das Popoff als Andesit bezeichnet.

Eine im Laboratorium des Herrn Professor M. Dittrich in Heidelberg ausgeführte Analyse dieses Gesteines (Analytiker R. Görgey) ergab die auf S. 621 unten angegebenen Resultate.

Der auffallend hohe Kieselsäuregehalt rührt von kleinen Chalcedonmandeln her, welche das Gestein durchsetzen. Bemerkenswert ist der geringe Eisenoxydgehalt.

Ein Zusammenhang zwischen der Zusammensetzung des Gesteines und der des Datoliths ist nicht zu erkennen.

Die meisten Datolithkrystalle bilden eine zusammenhängende Kruste und sind parallel zur Fläche $b = 0\infty(010)$ aufgewachsen, nur wenige (Krystall 3 und 4) parallel $c = \infty 0(100)$. Die Krystalle sind durchsichtig und hellviolett gefärbt; sie haben eine Größe von 2—8 mm. Die größeren Krystalle zeigen oft krystallstockartige Verwachsungen.

Gemessen wurden sechs Krystalle und von diesen fünf gezeichnet.

**Beobachtete Formen:**

| Buchstabe: | $a$ | $b$ | $c$ | $\sigma$ | $t$ | $g$ | $h$ | $m$ | $M$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | 0 | $0\infty$ | $\infty 0$ | $2\infty$ | $\frac{3}{2}\infty$ | $\infty$ | $\infty\frac{4}{3}$ | $\infty 2$ | 01 |
| Miller: | 001 | 010 | 100 | 210 | 320 | 110 | 340 | 120 | 011 |
| Buchstabe: | $l$ | $x$ | $\varepsilon$ | $Q$ | $n$ | $\nu$ | $\lambda$ | $\mu$ | $\varkappa$ |
| Symbol: | 03 | $+1\,0$ | $-1$ | $+1\,2$ | $+\frac{1}{2}1$ | $-\frac{1}{2}1$ | $-\frac{3}{2}1$ | $-2\,1$ | $-\frac{5}{2}1$ |
| Miller: | 031 | 101 | $\bar{1}11$ | 121 | 122 | $\bar{1}22$ | $\bar{3}21$ | $\bar{2}11$ | $\bar{5}21$ |

Davon sind für den Fundort neu: $b\,\sigma\,g\,h\,l\,x\,Q\,\nu\,\lambda$.

**Beschreibung der einzelnen Krystalle:**

**Krystall I.** (Tafel VIII, Fig. 1 auf $b = 0\infty(010)$ projiciert. Dimensionen (Dicke : Breite : Höhe) $2\frac{1}{2} : 3 : 2$ mm.

Combination: $b\,g\,m\,M\,\varepsilon\,n$.

Einzelflächen: $b^1 \cdot g^1 \cdots m^1 \cdot\cdot m^4 M^1 \cdot\cdot \underline{M}^3 \cdot \varepsilon^4 \underline{\varepsilon}^3 \cdot n^1 \cdot\cdot n^2$.

**Krystall II.** (Tafel VIII, Fig. 4 auf $b$ projiciert. Dimensionen: $3 : 5 : 2\frac{1}{2}$ mm.

Combination: $a\,b\,g\,m\,M\,\varepsilon\,Q\,n\,\nu$.

Einzelflächen: $\cdot \underline{a} \cdot b^3 \cdot g^2 g^3 \cdot\cdot m^2 m^3 \cdot\cdot M^3 \underline{M}^1 \cdot \varepsilon^3 \cdot\cdot \underline{\varepsilon}^4\, Q_2 Q_1 n^2 \underline{n}^1 \cdots \underline{\nu}^4$.

**Krystall III.** (Tafel VIII, Fig. 5). Dimensionen: $2 : 4 : 2$ mm.

Combination: $c\,\sigma\,t\,g\,m\,x\,\varepsilon\,Q\,n\,\mu\,\varkappa$.

Einzelflächen: $c^2 \cdot \sigma^1 \cdots t^1 t^2 \cdot\cdot g^1 g^2 \cdot\cdot m^4 m^2 \cdot\cdot x^3 \cdots \underline{\varepsilon}^3 \underline{\varepsilon}^4 Q^1 \cdots n^1 n^2 \cdots \underline{\mu}^3 \underline{\mu}^4 \cdots \underline{x}^4$.

**Krystall IV.** (Tafel VIII, Fig. 2). Dimensionen: $3 : 4 : 2\frac{1}{2}$ mm.

Combination: $c\,t\,g\,m\,x\,\varepsilon\,n\,\mu\,x$.

Einzelflächen: $c^2 \cdot t^1 t^2 \cdot\cdot g^1 g^2 \cdot\cdot m^1 m^2 \cdot\cdot x^3 \cdot\cdot\cdot \underline{\varepsilon}^3 \underline{\varepsilon}^4 \underline{n}^1 \underline{n}^2 \cdot\cdot\cdot\cdot \underline{\mu}^3 \underline{\mu}^4 \cdot\cdot \underline{x}^3 \underline{x}^4$.

Dieser Krystall ist aus zahlreichen, parallel verwachsenen Individuen zusammengesetzt. In der Figur wurde ein einzelnes Kryställchen aus der Mitte des Krystallstockes dargestellt.

**Krystall V.** (Tafel VIII, Fig. 3 auf $b$ projiciert). Dimensionen: $3 : 2\frac{1}{2} : 3$ mm.

Combination: $h\,g\,m\,M\,l\,\varepsilon\,n$.

Einzelflächen: $\cdot h^2 \cdot\cdot\cdot g^2 \cdot\cdot\cdot m^2 m^3 \cdot\cdot M^3 \underline{M}^1 \cdot\cdot l^3 \cdot\cdot \varepsilon^3 \cdot\cdot \underline{\varepsilon}^4 \cdot n^2 \underline{n}^1$.

Die seltenen Formen $h = \infty\frac{4}{3}(340)$ und $l = 03(031)$ wurden nur an diesem Krystall beobachtet und zwar mit je einer Fläche. $h$ ist überhaupt eine der seltensten Formen des Datoliths. Sie ist an unserem Krystall lang und sehr schmal und gibt einen etwas verwaschenen, aber gut einstellbaren Reflex. Messung und Rechnung stimmen befriedigend:

Gemessen: $\varphi\varrho = 49^0 46'$; $90^0$; berechnet: $\varphi\varrho = 49^0 50'$; $90^0$.

Die Form kann nunmehr als gesichert gelten. $l$ ist vertreten durch eine sehr kleine, aber vorzüglich spiegelnde Fläche. Gemessen: $\varphi\varrho = 0^0 13' \cdot 62^0 14'$; berechnet: $\varphi\varrho = 0^0 4'$; $62^0 17'$. Die Form ist gesichert.

**Krystall VI.** Dimensionen: $5\frac{1}{3} : 4 : 3$ mm.

Combination: $b\,c\,t\,g\,m\,M\,\varepsilon\,n\,\lambda\,\mu$.

Einzelflächen: $b^3 \cdot\cdot c^4 \cdot\cdot t^3 \cdot\cdot\cdot g^3 \cdot m^2 m^3 \cdot\cdot\cdot M^3 \underline{M}^1 \cdot \varepsilon^3 \cdot\cdot \underline{\varepsilon}^4 \cdot n^2 \underline{n}^1 \cdot \lambda^3 \cdot\cdot\cdot \mu^3 \cdot\cdot\cdot$

Herrschend an allen unseren Krystallen vom Karadagh sind die Formen: $g\,m\,\varepsilon\,n$; klein und untergeordnet sind: $a\,b\,c\,\sigma\,h\,l\,Q\,\nu\,\lambda$.

Die Prismenzone zeigt zwar eine verhältnismäßig reiche Formenentwickelung, ist aber nur kleinflächig ausgebildet, so daß die Krystalle durchweg einen pyramidalen Habitus besitzen. Popoff gibt (S. 470) ein Krystallbild, das einen anderen Habitus zeigt, als unser Material; es herrscht bei ihm neben $\varepsilon$ und $n$ in erster Linie $M$ vor.

Die Flächen $M = 01(011)$ und $\nu = -\frac{1}{2}1(\bar{1}22)$ sind stets matt, doch gelang die Messung befriedigend genau durch Anfeuchten in der von R. Schröder[1]) angegebenen Weise.

Die Flächen $n = \frac{1}{2}1(122)$ lassen fast immer eine Riefung parallel der Kante $nM$ erkennen und sind dadurch von den in Größe und Gestalt ähnlichen Flächen $\varepsilon = -1(\bar{1}11)$ zu unterscheiden.

---

1) Diese Zeitschr. 1908, **45**, 215.

## Datolith von Westfield, Mass.

Der Datolith von Westfield, Mass., wurde zuerst von H. P. Whitlock[1]) beschrieben, welcher daran folgende Formen fand: $abcMorxvmgt\Omega n$ $\nu\varepsilon\lambda\mu\varkappa Q\,q^2)\,\beta\iota\alpha$. Außerdem neu $\varepsilon' = -4\,(\bar{4}41)$, $\lambda' = -\frac{3}{2}4\,(\bar{9}82)$, $\mu' = -54\,(\bar{5}41)$ als schmale kleine Flächen.

Kurz darauf publicierten Kraus und Cook eine größere Arbeit über das gleiche Datolithvorkommen[3]), welche die Beobachtungen Whitlock's wesentlich ergänzt. Diese fanden die Formen: $abctgmMorluvx\xi\alpha$ $\varepsilon n\beta Q\,q\,\nu\,\mathfrak{d}\,\lambda\mu\varkappa\iota\alpha\pi\varepsilon'(-4)$, $\mu'(-54)$ und als neu $m_y = \infty\,{}^1\!/_7{}^2(7.12.0)$, $m_z = 5\infty(510)$ und $n_z = -51(\bar{5}11)$.

Kraus und Cook unterscheiden vier Typen:

1. pyramidal (häufigster Typus); vorherrschend $x$; $tgm$ ist immer zu beobachten, $m$ stets sehr groß; von den Pyramiden herrscht $\nu$ vor. Hier treten auch die neuen Formen $m_y = \infty\,{}^1\!/_7{}^2$, $m_z = 5\infty$ und $n_z = -51$ und das von Whitlock aufgefundene $\mu' = -54$ auf.
2. »mehr oder minder pyramidal«; $x$ vorherrschend, daneben stets $Mo\varepsilon\lambda$;
3. prismatisch; $a$ ist vorherrschend;
4. tafelig; die Krystalle sind flach nach $c$, dazu tritt $g$ als wichtige Form.

Uns stand von diesem Vorkommen eine beträchtliche Anzahl ausgezeichneter, loser Krystalle zur Verfügung. Sie sind von ungewöhnlicher Größe (1—5 cm) und von reicher Flächenentwickelung. Sie scheinen nicht aus demselben Hohlraume zu stammen, wie das Material der anderen Autoren, denn sie zeigen mancherlei Unterschiede in den Combinationen.

Gemessen wurden zehn Krystalle, gezeichnet vier und von weiteren vier einzelne Teile, die besonders reiche oder typische Flächenentwickelung zeigen.

**Beobachtete Formen:**

| Buchstabe: | $a$ | $b$ | $c$ | $v$ | $t$ | $g$ | $m$ | $M$ | $r$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | 0 | $0\infty$ | $\infty0$ | $2\infty$ | $\frac{3}{2}\infty$ | $\infty$ | $\infty2$ | 01 | $0\frac{3}{2}$ |
| Miller: | 001 | 010 | 100 | 210 | 320 | 110 | 120 | 011 | 032 |

| Buchstabe: | $o$ | $u$ | $v$ | $\mathfrak{H}^*$ | $x$ | $\Sigma$ | $\Pi$ | $\xi$ | $q$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | 02 | +20 | $+\frac{3}{2}0$ | $+\frac{4}{3}0$ | +10 | $-\frac{1}{3}0$ | $-\frac{1}{2}0$ | −10 | $+\frac{1}{3}$ |
| Miller: | 021 | 201 | 302 | 403 | 101 | $\bar{1}03$ | $\bar{1}02$ | $\bar{1}01$ | 113 |

1) Whitlock, New York, State Museum 1905, S. 19.

2) Neu ist, soweit wir finden konnten, auch —12, die Whitlock $M$ nennt. Er macht über sie keine nähere Angabe. Da $M$ bereits für 01 verwendet, haben wir für —12 q angenommen.

3) Kraus und Cook, diese Zeitschr. 1907, 42, 325.

| Buchstabe: | $\varepsilon$ | $\alpha$ | $Q$ | $\pi$ | $T$ | $q$ | $n$ | $P^*$ | $\nu$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $-1$ | $-2$ | $+12$ | $+13$ | $-1\frac{1}{2}$ | $-12$ | $+\frac{1}{2}1$ | $-\frac{1}{3}1$ | $-\frac{1}{3}1$ |
| Miller: | $\bar{1}11$ | $\bar{2}21$ | $121$ | $131$ | $\bar{2}12$ | $\bar{1}21$ | $122$ | $\bar{1}33$ | $\bar{1}22$ |

| Buchstabe: | $\mathfrak{b}$ | $\lambda$ | $\mu$ | $\varkappa$ | $\mathfrak{b}^*$ | $U$ | $\beta$ | $\mathfrak{F}^*$ | $B$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $-\frac{3}{4}1$ | $-\frac{3}{2}1$ | $-21$ | $-\frac{5}{2}1$ | $-41$ | $+\frac{3}{2}2$ | $+\frac{1}{2}2$ | $+\frac{1}{3}2$ | $-\frac{1}{2}2$ |
| Miller: | $\bar{3}44$ | $\bar{3}22$ | $\bar{2}11$ | $\bar{5}22$ | $\bar{4}11$ | $342$ | $142$ | $162$ | $\bar{1}42$ |

| Buchstabe: | $i$ | $\mathfrak{N}^*$ | $\mathfrak{V}^*$ | $\mathfrak{K}^*$ | $N$ | $\Gamma$ | $\pi$ | $\chi$ | $\mathfrak{y}^*$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $-\frac{3}{2}2$ | $-32$ | $+\frac{1}{2}\frac{1}{3}$ | $+\frac{1}{2}\frac{5}{4}$ | $+\frac{1}{3}\frac{3}{3}$ | $+\frac{2}{3}\frac{1}{3}$ | $-\frac{1}{4}\frac{3}{2}$ | $+\frac{2}{5}\frac{3}{5}$ | $-\frac{1}{18}\frac{1}{9}$ |
| Miller: | $\bar{3}42$ | $\bar{3}21$ | $326$ | $254$ | $123$ | $213$ | $\bar{1}64$ | $235$ | $\bar{1}.2.18.$ |

Davon sind $\sigma\, \Sigma\, \Pi\, q\, \pi\, T\, U\, B\, N\, \Gamma\, \chi$ für den Fundort, $\mathfrak{H}\, P\, \mathfrak{b}\, \mathfrak{F}\, \mathfrak{N}\, \mathfrak{V}\, \mathfrak{K}\, \mathfrak{y}$ für den Datolith überhaupt neu.

**Beschreibung der Krystalle:**

**Krystall I.** (Tafel IX, Fig. 10a und b.) Dimensionen: 12 : 20 : 12 mm.

Combination: $a\, c\, \sigma\, t\, g\, m\, M\, x\, \Sigma\, \xi\, q\, \varepsilon\, \alpha\, Q\, n\, P^*\, \mathfrak{b}\, \lambda\, \mu\, \varkappa\, \mathfrak{b}^*\, U\, \beta\, \mathfrak{N}^*\, \Gamma\, \mathfrak{y}^*$.

Einzelfächen: $a \cdot c^2 \cdot \sigma^1\, \sigma^2 \cdot\cdot t^1 t^2 \cdot\cdot g^1 g^2 \cdot\cdot m^1 m^2 \cdot\cdot M^1 M^3 \cdot\cdot x^2 \cdot \Sigma^4 \cdot \xi^4 \cdot q^1 q^2$ $\cdot\cdot\, \varepsilon^3 \varepsilon^4 \cdot\cdot\cdot\cdot\cdot \alpha^4 Q^1 \cdot\cdot\cdot n^1 n^2 \cdot\cdot\cdot P^4 \cdot\cdot\cdot \mathfrak{b}^4 \cdot\cdot \lambda^3 \cdot\cdot \underline{\lambda}^4 \mu^3 \cdot \underline{\mu}^3 \underline{\mu}^4 x^3 \cdot x^3 \underline{x}^4 \cdot\cdot$ $\underline{\mathfrak{b}}^3\, \underline{\mathfrak{b}}^4 \cdot U^2 \cdot\cdot \beta^1 \cdot\cdot\cdot\cdot\cdot \mathfrak{N}^4\, \Gamma^1\, \Gamma^2 \cdot\cdot\cdot \mathfrak{y}^4 \cdot\cdot$

**Krystall II.** (Tafel IX, Fig. 11a und b.) Dimensionen: 10 : 17 : 16 mm.

Combination: $a\, c\, t\, g\, m\, M\, r\, o\, x\, q\, \varepsilon\, n\, \lambda\, \beta\, \Gamma\, \pi\, \chi$.

Einzelflächen: $a \cdot c^2 \cdot t^1 t^2 \cdot\cdot g^1 g^2 \cdot g^4 m^1 m^2 \cdot m^4 M^1 M^3 \cdot\cdot\cdot r^3 \cdot\cdot o^1 o^3 \cdot\cdot x^2 \cdot$ $q^1 q^2 \cdot\cdot \varepsilon^3 \varepsilon^4 \cdot\cdot n^1 n^2 \cdot\cdot \lambda^3 \lambda^4 \cdot\cdot \beta^1 \beta^2 \cdot\cdot \Gamma^1 \Gamma^2 \cdot\cdot\cdot \pi^4 \cdot\cdot \chi^1 \cdot\cdot\cdot$

**Krystall III.** Dimensionen: 14 : 23 : 15 mm.

Combination: $a\, c\, t\, g\, m\, M\, o\, x\, \Sigma\, \Pi\, \xi\, q\, \varepsilon\, Q\, n\, P^*\, \mathfrak{b}\, \lambda\, \mu\, \beta\, \mathfrak{V}^*\, \Gamma\, \pi$.

Einzelflächen: $a \cdot c^2 \cdot t^1 t^2 \cdot\cdot g^1 g^2 \cdot\cdot m^4 m^2 \cdot\cdot M^1 M^3 \cdot\cdot o^1 o^2 \cdot\cdot x^2 \cdot \Sigma^4 \cdot \Pi^4 \cdot$ $\xi^4 \cdot q^1 q^2 \cdot\cdot\cdot \varepsilon^3 \varepsilon^4 \cdot\cdot Q^1 Q^2 \cdot\cdot n^1 n^2 \cdot\cdot\cdot P^4 \cdot\cdot\cdot \mathfrak{b}^4 \cdot\cdot \lambda^3 \lambda^4 \cdot\cdot \mu^3 \mu^4 \cdot\cdot\cdot \beta^2 \cdot\cdot \mathfrak{V}^1 \cdot\cdot\cdot$ $\Gamma^1 \Gamma^2 \cdot\cdot \pi^3 \pi^4 \cdot\cdot$

**Krystall IV.** (Taf. VIII, Fig. 6.) Dimensionen: 13 : 14 : 17 mm.

Combination: $a\, c\, t\, g\, m\, M\, o\, x\, q\, \varepsilon\, \alpha\, Q\, n\, P^*\, \mathfrak{b}\, \lambda\, \mu\, \varkappa\, \beta\, \Gamma\, \pi$.

Einzelflächen: $a\, \underline{a}\, c^2 \cdot t^1 t^2 \cdot\cdot g^1 g^2 g^3 \cdot m^1 m^2 m^3 \cdot M^1 M^3\, \underline{M}^1 \cdot o^1 \cdot \underline{o}^1 \cdot x^2 \underline{x}^2$ $q^1 q^2\, \underline{q}^1 \underline{q}^2\, \varepsilon^3 \varepsilon^4 \cdot \underline{\varepsilon}^4\, \alpha^3 \cdot\cdot\cdot\cdot\cdot Q^1 \cdot n^1 n^2\, \underline{n}^1 \underline{n}^2 \cdot\cdot\cdot P^4 \cdot\cdot\cdot \underline{\mathfrak{b}}^4\, \lambda^3 \cdot\cdot\cdot \mu^3 \cdot\cdot\cdot \beta^1 \cdot\cdot\cdot$ $\Gamma^1 \Gamma^2\, \underline{\Gamma}^1 \underline{\Gamma}^2 \cdot\cdot\cdot \pi^4$

**Krystall V.** (Taf. IX, Fig. 13.) Dimensionen: 15 : 23 : 15 mm.

Combination: $a\, c\, t\, g\, m\, M\, r\, o\, u\, v\, x\, \varepsilon\, Q\, n\, \nu\, \mathfrak{b}\, \lambda\, \mu\, U\, \beta\, \pi\, \mathfrak{K}^*$.

Einzelflächen: $a \cdot c^2 \cdot t^1 t^2 \cdot\cdot g^1 g^2 \cdot\cdot m^1 m^2 \cdot\cdot M^1 M^3 \cdot\cdot r^1 \cdot\cdot\cdot o^1 \cdot\cdot\cdot u^2 \cdot v^2 \cdot$ $x^2 \cdot \varepsilon^3 \varepsilon^4 \cdot\cdot Q^1 \cdot\cdot\cdot n^1 n^2 \cdot\cdot \nu^1 \nu^2 \cdot\cdot \mathfrak{b}^1 \mathfrak{b}^2 \cdot\cdot\cdot \lambda^4 \cdot\cdot\cdot \mu^4 \cdot\cdot\cdot U^1 \cdot\cdot\cdot \beta^1 \cdot\cdot\cdot \mathfrak{K}^1 \cdot$ $\cdot\cdot\cdot \pi^4 \cdot\cdot$

**Krystall VI.** Dimensionen: 17 : 19 : 18 mm.

Combination: $a\, b\, c\, t\, g\, m\, M\, o\, x\, q\, \varepsilon\, Q\, n\, \lambda\, \mu\, \varkappa\, \beta\, \Gamma$.

Einzelflächen: $a \cdot\cdot b^3 c^2 \cdot\cdot t^2 \cdot\cdot g^1 g^2 \cdot\cdot m^1 m^2 m^3 m^4 M^1 M^3 \cdot\cdot o^1 \cdot\cdot\cdot x^2 \cdot$
$q^1 q^2 \cdot\cdot \varepsilon^3 \varepsilon^4 \cdot\cdot Q^1 \cdot\cdot\cdot n^1 n^2 \cdot\cdot \lambda^3 \lambda^4 \cdot\cdot \mu^3 \mu^4 \cdot\cdot x^3 x^4 \cdot\cdot \beta^1 \cdot\cdot\cdot \Gamma^1 \Gamma^2 \cdot\cdot$

**Krystall VII.** (Taf. VIII, Fig. 7.) Dimensionen: 11 : 25 : 18 mm.

Combination: $a\ c\ t\ g\ m\ M\ n\ o\ r\ x\ \varepsilon\ \alpha\ Q\ u\ n\ P^*\ \lambda\ \mu\ \varkappa\ U\ \beta\ f^*\ \pi.$

Einzelflächen: $a \cdot c^2 \cdot t^1 t^2 \cdot\cdot g^1 g^2 g^3 \cdot m^1 m^2 m^3 m^4 M^1 M^3 \cdot\cdot\cdot r^3 \cdot\cdot o^1 o^3 \cdot\cdot$
$u^2 \cdot x^2 \cdot \varepsilon^3 \varepsilon^4 \underline{\varepsilon^3} \cdot \alpha^3 \cdot\cdot\cdot Q^1 \cdot\cdot\cdot \mathfrak{n}^1 \cdot\cdot\cdot n^1 n^2 \cdot\cdot P^3 P^4 \cdot\cdot \lambda^3 \cdot \underline{\lambda^3} \cdot\cdot\cdot \underline{\mu^3} \cdot\cdot\cdot \underline{x^3} \cdot$
$U^1 \cdot\cdot\cdot \beta^1 \beta^2 \cdot\cdot \mathfrak{F}^1 \cdot\cdot\cdot \pi^3 \cdot\cdot\cdot$

**Krystall VIII.**

Dieser Krystall besteht aus zwei etwa gleich großen, parallel verwachsenen Individuen.

Individuum I. (Taf. IX, Fig. 12.) Dimensionen: 13 : 19 : 15 mm.

Combination: $a\ b\ c\ t\ g\ m\ M\ r\ o\ u\ \mathfrak{h}^*\ x\ \xi\ \varepsilon\ Q\ T\ n\ P^*\ \mathfrak{d}\ \lambda\ \mu\ \beta\ f^*.$

Dieses Individuum zeigt einen kleinen parallel verwachsenen Ansatz eines anderen Krystalles mit der seltenen Combination:

$$b\ m\ o\ r\ M\ \varepsilon\ \mathfrak{q}\ n\ \beta\ \mathfrak{f}^*\ B\ \pi.$$

Einzelflächen (Individuum I und Ansatz als ein Krystall behandelt): $a \cdot\cdot$
$b^3 c^2 \cdot t^1 t^2 \cdot\cdot g^1 g^2 \cdot\cdot m^1 m^2 m^3 \cdot M^1 M^3 \cdot\cdot\cdot r^3 \cdot\cdot o^1 o^3 \cdot\cdot u^2 \cdot \mathfrak{h}^2 \cdot x^2 \cdot \xi^4 \cdot \varepsilon^3 \varepsilon^4$
$\cdot\cdot Q^1 Q^2 \cdot\cdot T^3 T^4 \cdot\cdot \mathfrak{q}^3 \cdot\cdot\cdot n^1 n^2 \cdot\cdot P^3 P^4 \cdot\cdot \mathfrak{d}^3 \cdot\cdot\cdot \lambda^3 \lambda^4 \cdot\cdot \mu^3 \cdot\cdot\cdot \beta^1 \beta^2 \cdot\cdot \mathfrak{f}^1 \mathfrak{f}^2$
$\cdot\cdot B^3 \cdot\cdot\cdot \pi^3 \cdot\cdot\cdot$

Individuum II. Dimensionen: 14 : 13 : 21 mm.

Combination: $a\ c\ t\ g\ m\ M\ r\ o\ u\ \mathfrak{H}^*\ x\ \varepsilon\ \alpha\ n\ P^*\ \mathfrak{d}\ \lambda\ \mu\ \varkappa\ i\ \pi.$

Einzelflächen: $a \cdot c^2 c^4 t^1 t^2 f^3 \cdot g^1 g^2 g^3 \cdot\cdot m^2 m^3 \cdot\cdot M^3 \cdot\cdot\cdot r^3 \cdot\cdot\cdot o^3 \cdot\cdot u^2 \cdot \mathfrak{h}^2 \cdot$
$x^2 \cdot \varepsilon^3 \cdot\cdot\cdot \alpha^3 \cdot\cdot\cdot\cdot n^2 \cdot\cdot P^3 \cdot\cdot\cdot \mathfrak{d}^3 \cdot\cdot\cdot \lambda^3 \cdot\cdot\cdot \mu^3 \cdot\cdot\cdot x^3 \cdot\cdot\cdot i^3 \cdot\cdot\cdot \pi^3 \cdot\cdot\cdot$

**Krystall IX.** (Taf. VIII, Fig. 8.) Dimensionen: 28 : 29 : 30 mm.

Combination: $a\ c\ t\ g\ m\ M\ o\ u\ x\ q\ \varepsilon\ P^*\ \alpha\ n\ \mathfrak{d}\ \lambda\ \mu\ i\ \mathfrak{B}^*\ N\ \Gamma\ \chi\ \mathfrak{y}^*.$

Einzelflächen: $a \cdot c^2 \cdot t^1 t^2 \cdot\cdot g^1 g^2 g^3 \cdot m^1 m^2 m^3 \cdot M^1 M^2 \cdot\cdot\cdot o^3 \cdot\cdot u^2 \cdot x^2 \cdot q^1 q^2 \cdot\cdot$
$\varepsilon^3 \varepsilon^4 \cdot\cdot \alpha^3 \cdot\cdot\cdot n^1 n^2 \cdot\cdot P^3 P^4 \cdot\cdot \mathfrak{d}^3 \mathfrak{d}^4 \cdot\cdot \lambda^3 \lambda^4 \cdot\cdot \mu^3 \cdot\cdot\cdot i^3 \cdot\cdot\cdot \mathfrak{B}^1 \mathfrak{B}^2 \cdot\cdot\cdot N^2 \cdot\cdot$
$\Gamma^1 \Gamma^2 \cdot\cdot \chi^1 \chi^2 \cdot\cdot \mathfrak{y}^3 \mathfrak{y}^4 \cdot\cdot$

**Krystall X.** Dimensionen: 24 : 22 : 24 mm.

Combination: $a\ c\ t\ g\ m\ M\ o\ x\ q\ \varepsilon\ n\ P^*\ \mathfrak{d}\ \lambda\ \mu\ \varkappa\ \beta\ \Gamma\ \pi.$

Einzelflächen: $a \cdot c^2 c^4 t^1 t^2 f^3 \cdot g^1 g^2 g^3 \cdot m^1 m^2 m^3 \cdot M^1 M^3 \cdot\cdot\cdot o^3 \cdot\cdot x^2 \cdot q^1 q^2 \cdot\cdot$
$\varepsilon^3 \varepsilon^4 \underline{\varepsilon^3} \underline{\varepsilon^4} n^1 n^2 \cdot\cdot P^3 \cdot\cdot\cdot \mathfrak{d}^3 \cdot\cdot\cdot \lambda^3 \cdot \underline{\lambda^3} \underline{\lambda^4} \mu^3 \cdot \underline{\mu^3} \underline{\mu^4} x^3 \cdot \underline{x^3} \underline{x^4} \cdot \beta^2 \cdot\cdot \Gamma^1 \Gamma^2 \cdot\cdot$
$\pi^3 \cdot\cdot\cdot$

(Hierher die Tabelle auf S. 627 oben.)

Bemerkungen: $T = -1\frac{1}{2}(\bar{2}12)$ ist eine seltene Form, die Dana (1874) von Toggiana mit angenäherten Winkelangaben als neu beschrieben hat. Von späteren Autoren wurde sie nicht aufgefunden. Sie ist nunmehr gesichert[1]).

---

1) Vergl. S. 631.

Für Westfield neue Formen sind folgende[1]):

| Buchstab | Symbol | Miller | Zahl der Krystalle | Zahl der Flächen | Krystall-Nr. | Gemessen | | Berechnet | | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | $\varphi$ | $\varrho$ | $\varphi$ | $\varrho$ | |
| $\sigma$ | $2\infty$ | 210 | 1 | 2 | I | 72° 43′ | 90° 0′ | 72° 26′ | 90° 0′ | schm. Kantenabstumpfg. |
| $\Sigma$ | $-\frac{1}{3}0$ | $\bar{1}03$ | 2 | 2 | III | $\bar{9}0$ 3 | 18 14 | $\bar{9}0$ 0 | 18 20 | klein, matt |
| $\Pi$ | $-\frac{1}{2}0$ | $\bar{1}02$ | 1 | 1 | III | $\bar{9}0$ 6 | 26 16 | $\bar{9}0$ 0 | 26 30 | klein, matt |
| $q$ | $+\frac{1}{3}$ | 113 | 7 | 16 | I | 57 55 | 21 42 | 57 52 | 21 41 | vorzüglich entwickelt |
| $T$ | $-1\frac{1}{2}$ | $\bar{2}12$ | 1 | 2 | VIII | $\bar{7}2$ 32 | 46 19 | $\bar{7}2$ 24 | 46 22 | lang, schmal, glänzend |
| n | $+13$ | 131 | 1 | 1 | VII | 27 45 | 65 0 | 27 50 | 65 5 | schm. Kantenabstumpfg. |
| $U$ | $+\frac{3}{2}2$ | 342 | 3 | 3 | V | 49 55 | 62 52 | 49 53 | 63 5 | mittelgroß, matt |
| $B$ | $-\frac{1}{2}2$ | $\bar{1}42$ | 1 | 1 | VIII | $\bar{2}1$ 37 | 53 25 | $\bar{2}1$ 27 | 53 44 | klein, matt |
| $N$ | $+\frac{1}{3}\frac{2}{3}$ | 123 | 1 | 1 | IX | 38 9 | 28 16 | 38 31 | 28 24 | schm. Kantenabstumpfg. |
| $\Gamma$ | $+\frac{2}{3}\frac{1}{3}$ | 213 | 7 | 16 | I | 72 32 | 35 8 | 72 30 | 35 7 | vorzüglich entwickelt |
| $\chi$ | $+\frac{2}{5}\frac{3}{5}$ | 235 | 2 | 3 | IX | 46 59 | 29 3 | 46 40 | 29 1 | schm. Kantenabstumpfg. |

$n = +13\,(131)$ hat Luedecke (1888) als r an einem Andreasberger Krystall als neu beobachtet; Winkelmessungen nur angenähert; von Goldschmidt (1891) unter die unsicheren Formen gestellt. Sie ist durch eine schmale, aber glänzende und gut reflectierende Fläche vertreten; sie ist nunmehr gesichert[2]).

$N = +\frac{1}{3}\frac{2}{3}\,(123)$ und $\chi = +\frac{2}{5}\frac{3}{5}\,(235)$ sind als schmale Flächen anwesend; sie geben lichtschwache, aber sicher einstellbare Reflexe, die durch einen zarten Lichtzug in der Zone verbunden sind.

$q = +\frac{1}{3}\,(113)$ und $\Gamma = +\frac{2}{3}\frac{1}{3}\,(213)$ sind an zahlreichen Krystallen durch vorzüglich spiegelnde, bisweilen auch große Flächen vertreten. Es tritt niemals die eine der beiden ohne die andere auf, wie es auch Osann an dem Materiale vom Lake Superior angibt. Sie bilden zusammen eine dem Ansehen nach recht charakteristische Gruppe (vergl. Taf. VIII, Fig. 6).

Wenn Krystalle, welche die Formen $q$ und $\Gamma$ ausgebildet zeigen, nach $c$ etwas abgeplattet sind, was oft der Fall ist, so spannt sich zwischen $q^1\,\Gamma^1$ und $q^2\,\Gamma^2$ in der Zone $[x\,a]$ eine cylindrisch gekrümmte Fläche, die als Reflex einen langen einheitlichen Lichtzug liefert, in dessen mittleren Teile die Position von $\varphi = \frac{1}{2}0\,(102)$ gelegen ist[3]). Dana 1872 gibt am Datolith von Bergenhill ein analoges Verhalten der Fläche $\varphi$ an.

---

1) In der Tabelle sind die Messungsresultate der bestausgebildeten Flächen angeführt und diese stets auf den ersten (resp. vierten) Quadranten bezogen.

2) Vergl. S. 631.

3) In Fig. 10 und 11 ist an dieser Stelle eine Fläche $\varphi$ (ohne Buchstaben) eingezeichnet. In Fig. 8 ist die Krümmung zum Ausdruck gebracht.

Für Datolith neue Formen von Westfield sind folgende:

| Buchstabe | Symbol | Miller | Zahl der Krystalle | Zahl der Flächen | Krystall-Nr. | Einzelfläche | Gemessen $\varphi$ | Gemessen $\varrho$ | Berechnet $\varphi$ | Berechnet $\varrho$ | Bemerkungen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $\mathfrak{H}$ | $+\frac{1}{3}0$ | 403 | 2 | 2 | VIII | $\mathfrak{h}^2$ | 90° 5′ | 53°11′ | 90° 0′ | 53°15′ | groß, matt |
| $P$ | $-\frac{1}{3}1$ | $\bar{1}33$ | 7 | 11 | VII | $P^4$ | $\bar{2}7$ 28 | 35 32 | $\bar{2}7$ 35 | 35 36 | schmal, od. mäßig br. Reflexe stets gut |
| | | | | | | $P^3$ | 152 30 | 35 35 | 152 25 | | |
| $b$ | $-41$ | $\bar{7}11$ | 1 | 2 | I | $\underline{b}^4$ | $\bar{8}1$ 3 | 76 12 | $\bar{8}1$ 0 | 76 9 | schmale Kantenabstumpfung |
| | | | | | | $\underline{b}^3$ | $\bar{9}8$ 57 | 76 11 | $\bar{9}9$ 0 | | |
| $f$ | $+\frac{1}{3}2$ | 163 | 2 | 3 | VIII | $f^1$ | 14 37 | 52 56 | 14 54 | 52 42 | schmale Kantenabstumpfung |
| | | | | | | $f^2$ | 165 26 | 52 31 | 165 3 | | |
| $\mathfrak{N}$ | $-32$ | $\bar{3}21$ | 1 | 1 | I | $n^4$ | $\bar{6}7$ 35 | 72 49 | $\bar{6}7$ 6 | 72 57 | schm. Kantenabst. |
| $\mathfrak{V}$ | $+\frac{1}{2}\frac{1}{3}$ | 326 | 2 | 3 | IX | $\mathfrak{V}^1$ | 66 36 | 27 42 | 67 13 | 28 39 | schmale Kantenabstumpfung |
| | | | | | | $\mathfrak{V}^2$ | 113 1 | 28 22 | 112 47 | | |
| $\mathfrak{K}$ | $+\frac{1}{2}\frac{5}{4}$ | 254 | 1 | 1 | V | $\mathfrak{K}^1$ | 32 33 | 43 11 | 32 25 | 43 13 | schm. Kantenabst. |
| $\mathfrak{y}$ | $-\frac{1}{18}\frac{1}{9}$ | $\bar{1}.2.18$ | 2 | 3 | IX | $\mathfrak{y}^4$ | $\bar{3}6$ 40 | 5 11 | $\bar{3}7$ 3 | 5 3 | klein, matt |
| | | | | | | $\mathfrak{y}^3$ | 143 44 | 5 23 | 142 57 | | |

$\mathfrak{H}$ lieferte beim Anfeuchten einen Doppelreflex: $\varrho^1 = 53°7'$, $\varrho^2 = 53°15'$; Mittel $\varrho = 53°11'$.

$\mathfrak{V}$ gibt als Reflex einen lichtschwachen Zug, in welchem der Ort der Fläche $\mathfrak{V}$ als heller, meist gut einstellbarer Lichtpunkt hervortritt.

An Stelle der Flächen $\mathfrak{V}\chi N$ tritt oft eine Kantenkrümmung auf mit zartem stetigem Lichtzug in der Zone.

$\mathfrak{b}\,\mathfrak{N}\,\mathfrak{K}\,f$ liefern gute einheitliche Reflexe.

$\mathfrak{y}$ ist trotz der Nähe bei $a$ und der Complicierheit des Symbols nicht als Vicinale zu $a$ anzusehen; sie ist matt, aber gut meßbar und zeigt scharfe Begrenzung. Das Symbol erklärt sich durch Einschneiden der Zonen $[an^1]$ und $[n^2\mathfrak{b}^4]$. Erstere Zone ist eine sehr wichtige; die Form $\mathfrak{b}$ ist an den beiden Krystallen, welche $\mathfrak{y}$ zeigen, gut und groß entwickelt. Ihre Anwesenheit dürfte das Auftreten von $\mathfrak{y}$ herbeigeführt haben.

Dem Habitus nach lassen sich an unseren Kystallen von Westfield zwei Typen unterscheiden, die durch Übergänge verbunden sind.

1. Kurzprismatischer Typus: von terminalen Flächen herrscht $a$ vor (z. B. Tafel IX, Fig. 10a und b).

2. Pyramidaler Typus: von terminalen Flächen herrschen $x$ und $\varepsilon$ vor (z. B. Tafel IX, Fig. 11a und b).

Die Prismenzone ist stets gut und großflächig entwickelt; zu den breiten Flächen $c\,g\,m$, die sich etwa das Gleichgewicht halten, tritt immer noch das etwas schmälere $t$.

Von terminalen Flächen sind $a\,M\,x\,\varepsilon\,n$ stets gut ausgebildet. Weniger wichtig, aber auch gut entwickelt sind: $o\,q\,Q\,P\,\mathfrak{d}\,\lambda\,\mu\,\varkappa\,\beta\,\Gamma$. Alle anderen Formen sind klein und untergeordnet.

Die Form $\nu$, welche von Kraus und Cook als sehr groß und wichtig angegeben wird, konnte nur an einem Krystall in Gestalt schmaler Flächen beobachtet werden.

q wurde an einem Krystalle mit einer mittelgroßen, ausgezeichnet spiegelnden Fläche beobachtet:

Beobachtet: $\varphi\,\varrho = \bar{1}41^{0}43'$, $58^{0}15'$; berechnet $\varphi\,\varrho = \bar{1}41^{0}46'$, $58^{0}14'$.

Die Form ist bisher nur von Westfield bekannt.

$u\,\mathfrak{H}\,v\,x\,\Sigma\,\Pi\,\xi\,\mathfrak{d}\,U\,B\,\mathfrak{y}$ sind meist matt, ließen aber durch Anfeuchten befriedigende Messungen zu.

## Datolith von Tamarak Mine (Lake Superior), Mich.

Eine schöne Datolithstufe mit dieser Fundortsbezeichnung überließ uns G. Seligmann zur Untersuchung, wofür wir ihm den herzlichsten Dank aussprechen.

Die zahlreichen Datolithvorkommen aus den Gruben am Lake Superior hat Osann[1]) eingehend beschrieben. Den obigen Fundort führt er nicht an, sodaß wohl dieses Vorkommen neu ist.

Die wasserklaren, 1—6 mm großen Datolithe sitzen auf einem Grunde von dunkelgrünen Epidotkryställchen auf und sind entweder einzeln für sich — und dann fast allseitig — ausgebildet, oder sie treten zu größeren Krystallgruppen zusammen.

Gemessen wurden vier Krystalle, zwei davon gezeichnet.

Beobachtete Formen:

| Buchstabe: | $a$ | $b$ | $c$ | $g$ | $m$ | $M$ | $u$ | $x$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | 0 | $0\infty$ | $\infty 0$ | $\infty$ | $\infty 2$ | 01 | $+20$ | $+10$ |
| Miller: | 001 | 010 | 100 | 110 | 120 | 011 | 201 | 101 |
| Buchstabe: | $\xi$ | $\varepsilon$ | $\alpha$ | $Q$ | $n$ | $\lambda$ | $\beta$ | $d$ |
| Symbol: | $-10$ | $-1$ | $-2$ | $+12$ | $+\frac{1}{2}1$ | $-\frac{3}{2}1$ | $+\frac{1}{2}2$ | $-\frac{5}{2}3$ |
| Miller: | $\bar{1}01$ | $\bar{1}11$ | $\bar{2}21$ | 121 | 122 | $\bar{3}21$ | 142 | $\bar{5}62$ |

**Beschreibung der einzelnen Krystalle:**

**Krystall I.** (Tafel X, Fig. 14a und b.) Dimensionen $2 : 2\frac{1}{2} : 2$ mm.

Combination: $a\,g\,m\,M\,u\,x\,\varepsilon\,Q\,n\,\lambda$.

Einzelflächen: $a\,\underline{a}\,m^1 m^2 m^3 m^4 g^1 g^2 g^3 g^4 M^1 M^3 \underline{M}^1 \underline{M}^3 u^2 \cdot x^2 \cdot \varepsilon^3 \varepsilon^4 \underline{\varepsilon}^3 \underline{\varepsilon}^4 Q^1 \cdots n^1 n^2 \underline{n}^1 \underline{n}^2 \lambda^3 \lambda^4 \underline{\lambda}^3 \underline{\lambda}^4$

1) Diese Zeitschr. 1895, **24**, 543.

**Krystall II.** (Tafel X, Fig. 16.) Dimensionen: $2\frac{1}{2} : 4 : 3$ mm.

Combination: $a\,c\,g\,m\,M\,\varepsilon\,\alpha\,Q\,n\,\beta\,d$.

Einzelflächen: $a\,\underline{a} \cdot c^4 \cdot\cdot g^3 g^4 \cdot m^2 m^3 m^4 \cdot M^3 \underline{M}^1 \underline{M}^3 \varepsilon^3 \varepsilon^4 \underline{\varepsilon}^3 \underline{\varepsilon}^4 \alpha^3 \alpha^4 \cdot\cdot\cdot Q^2 \cdot\cdot\cdot n^2 \underline{n}^1 \underline{n}^2 \cdot \beta^2 \cdot\cdot d^3 d^4 \cdot\cdot$

**Krystall III.** Dimensionen: $4\frac{1}{2} : 4\frac{1}{2} : 3$ mm.

Combination: $a\,c\,g\,m\,M\,u\,x\,\varepsilon\,Q\,n\,\lambda\,d$.

Einzelflächen: $a\,\underline{a}\,c^2 c^4 g^1 g^2 g^3 g^4 m^1 m^2 m^3 m^4 M^1 M^2 \underline{M}^1 \cdot u^2 \cdot x^2 \underline{x}^2 \varepsilon^3 \varepsilon^4 \underline{\varepsilon}^3 \underline{\varepsilon}^4 \cdot Q^2 \underline{Q}^1 \cdot n^1 n^2 \cdot\cdot \lambda^3 \lambda^4 \underline{\lambda}^3 \underline{\lambda}^4 d^3 \cdot\cdot\cdot$

**Krystall IV.** Dimensionen: $4 : 6 : 4$ mm.

Combination: $a\,c\,g\,m\,M\,\varepsilon\,n\,\lambda\,d$.

Einzelflächen: $a \cdot\cdot c^4 \cdot g^2 g^3 g^4 \cdot m^2 m^3 \cdot\cdot M^3 \cdot\cdot \varepsilon^3 \cdot\cdot\cdot\cdot n^2 \underline{n}^1 \cdot \lambda^3 \cdot\cdot\cdot d^3 \cdot\cdot\cdot$

Die Form $d = -\frac{5}{2}3\,(\bar{5}62)$ wurde erst vor kurzem von Dürrfeld[1]) an Krystallen von Ste. Marie im Elsaß aufgefunden. An unseren Krystallen tritt sie nicht selten als kleine, aber gut spiegelnde Fläche auf. Am besten und zwar mit zwei Flächen ausgebildet war sie an Krystall II. Dort ergab die Messung:

$d^4$: gemessen $\varphi\varrho$ $\bar{5}\bar{2}^0 41'$, $72^0 27'$; berechnet $\varphi\varrho$ $\bar{5}2^0 45'$
$d^3$: - $\varphi\varrho$ $127^0 11'$, $72^0 25'$; - $\varphi\varrho$ $\bar{1}\bar{2}\bar{7}^0 15'$ } $72^0 22'$.

Der Habitus der Krystalle ist kurzprismatisch durch Vorherrschen von $a\,g\,m$; bei manchen kleinen Krystallen treten zu dieser Combination die anderen Flächen nur in Gestalt schmaler Kantenabstumpfungen.

Die größeren Krystalle zeigen außer $a\,g\,m$ noch $M\,n\,\varepsilon$, seltener $u\,x\,\lambda\,\beta$ in beträchtlicherer Ausbildung.

## Datolith von der Serra dei Zanchetti.

Dieses Vorkommen, welches eines der schönsten und flächenreichsten ist, wurde von Brugnatelli[2]) eingehend untersucht.

Brugnatelli wies folgende Formen nach:

$a\,c\,\sigma\,t\,g\,m\,M\,r\,o\,l\,u\,x\,s\,\Pi\,\mathfrak{g}\,\xi\,\Lambda\,\vartheta\,q\,\varepsilon\,Q\,\mathfrak{r}\,\mathfrak{f}\,W\,L\,n\,\nu\,\lambda\,\mu\,\varkappa\,U\,\beta\,B\,i\,\mathfrak{v}\,\mathfrak{w}$.

Einige flächenreiche Krystalle dieses Fundortes aus der Seligmann'schen Sammlung ließen eine Untersuchung nicht überflüssig erscheinen. Sie haben einige für den Fundort neue Formen gebracht.

Es wurden drei Krystalle gemessen und davon zwei gezeichnet.

**Beobachtete Formen:**

| Buchstabe: | $a$ | $c$ | $\sigma$ | $t$ | $g$ | $m$ | $e$ | $M$ | $r$ | $o$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | 0 | $\infty 0$ | $2\infty$ | $\frac{3}{2}\infty$ | $\infty$ | $\infty 2$ | $0\frac{2}{3}$ | 01 | $0\frac{3}{2}$ | 02 |
| Miller: | 001 | 100 | 210 | 320 | 110 | 120 | 023 | 011 | 032 | 021 |

1) Mitt. d. Geol. Landesanst. v. Els.-Lothr. 1910, 7, 299.
2) Diese Zeitschr. 1887, 13, 154.

| Buchstabe: | $x$ | $\Pi$ | $\mathfrak{g}$ | $\xi$ | $\iota$ | $\varepsilon$ | $Q$ | $T$ | $\mathfrak{r}$ | $L$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $+10$ | $-\frac{1}{2}0$ | $-\frac{2}{3}0$ | $-10$ | $-\frac{1}{2}$ | $-1$ | $+12$ | $-1\frac{1}{2}$ | $-13$ | $+\frac{3}{2}1$ |
| Miller: | 101 | $\bar{1}02$ | $\bar{2}03$ | $\bar{1}01$ | $\bar{1}12$ | $\bar{1}11$ | 121 | $\bar{2}12$ | $\bar{1}31$ | 322 |

| Buchstabe: | $n$ | $\nu$ | $\lambda$ | $\mu$ | $\varkappa$ | $\beta$ | $B$ | $\mathfrak{n}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $+\frac{1}{2}1$ | $-\frac{1}{2}1$ | $-\frac{3}{2}1$ | $-21$ | $-\frac{5}{2}1$ | $+\frac{1}{2}2$ | $-\frac{1}{2}2$ | $+13$ |
| Miller: | 122 | $\bar{1}22$ | $\bar{3}21$ | $\bar{2}11$ | $\bar{5}22$ | $11\bar{2}$ | $\bar{1}12$ | $\bar{1}31$ |

Davon sind $e\,\iota\,T\,\mathfrak{n}$ für den Fundort neu.

**Beschreibung der Krystalle:**

**Krystall I.** (Tafel X, Fig. 18). Dimensionen: 14 : 21 : 15 mm.

Combination: $a\,c\,t\,g\,m\,M\,o\,x\,\xi\,\varepsilon\,T\,n\,\nu\,\lambda\,\mu\,\varkappa\,\beta\,B\,\mathfrak{n}$.

Einzelflächen: $a \cdot c^2 c^4 t^1 t^2 t^3 t^4 g^1 g^2 g^3 g^4 m^1 m^2 m^3 m^4 M^1 M^3 \cdot\cdot o^1 \cdot\cdot\cdot x^2 \cdot \xi^4 \cdot \varepsilon^3 \varepsilon^4 \cdot\cdot T^3 T^4 \cdot\cdot n^1 n^2 \cdot\cdot \nu^3 \nu^4 \cdot\cdot \lambda^3 \lambda^4 \cdot\cdot \mu^3 \mu^4 \cdot\cdot \varkappa^3 \varkappa^4 \cdot\cdot \beta^1 \cdot\cdot\cdot\cdot B \cdot\cdot\cdot \mathfrak{n}^2 \cdot\cdot$

**Krystall II.** (Tafel X, Fig. 19). Dimensionen: 8 : 10 : 11 mm.

Combination: $a\,c\,\sigma\,t\,g\,m\,e\,M\,o\,x\,\Pi\,\mathfrak{g}\,\xi\,\iota\,\varepsilon\,Q\,\mathfrak{r}\,L\,n\,\nu\,\lambda\,\mu\,\varkappa\,\beta\,B$.

Einzelflächen: $a \cdot c^2 c^4 \cdot\cdot\cdot o^3 \cdot t^1 t^2 t^3 \cdot g^1 g^2 g^3 g^4 m^1 \cdot\cdot m^4 \cdot e^3 \cdot\cdot M^1 M^3 \cdot \underline{M}^3 o^1 \cdot\cdot o^3 x \cdot \Pi^4 \cdot \mathfrak{g}^4 \cdot \xi^4 \cdot \iota^3 \iota^4 \cdot\cdot \varepsilon^3 \varepsilon^4 \underline{\varepsilon}^3 \cdot Q^1 \cdot\cdot\cdot\cdot \mathfrak{r}^4 \cdot\cdot L^1 \cdot\cdot\cdot n^1 n^2 \cdot \underline{n}^2 \nu^3 \nu^4 \underline{\nu}^3 \cdot \lambda^3 \cdot \underline{\lambda}^3 \cdot \mu^3 \mu^4 \underline{\mu}^3 \cdot \varkappa^3 \varkappa^4 \underline{\varkappa}^3 \cdot \beta^1 \beta^2 \cdot \underline{\beta}^2 \cdot B^4 \cdot\cdot$

**Krystall III.** Dimensionen: 6 : 7 : 8 mm.

Combination: $a\,t\,g\,m\,M\,r\,o\,x\,\xi\,\varepsilon\,T\,n\,\nu\,\beta\,B$.

Einzelflächen: $a \cdot\cdot t^2 \cdot\cdot g^1 g^2 \cdot g^4 m^1 m^2 m^3 m^4 M^1 M^3 \cdot\cdot\cdot r^3 \cdot\cdot o^1 o^3 \cdot\cdot x^2 \cdot \xi^4 \cdot \varepsilon^3 \varepsilon^4 \cdot\cdot T^3 T^4 \cdot\cdot n^1 n^2 \cdot\cdot \nu^3 \nu^4 \cdot\cdot \beta^1 \beta^2 \cdot\cdot\cdot B^4 \cdot\cdot$

Bezüglich der für die Serra dei Zanchetti neuen Formen $e\,\iota\,T\,\mathfrak{n}$ ist zu sagen:

$e$ tritt an einem Krystall (II) mit einer Fläche als Abstumpfung der Kante $a\,M$ auf.

Gemessen $\varphi\varrho$ : 179°58′, 22°46′; berechnet $\varphi\varrho$ : 179°39′, 22°55′.

$\iota$ wurde an demselben Krystall mit zwei kleinen Flächen aufgefunden.

$\iota^4$ gemessen $\varphi\varrho$ : $\bar{5}7°36'$, 30°29′; berechnet $\varphi\varrho$ : $\bar{5}7°32'$
$\iota^3$ – $\varphi\varrho$ : $\bar{1}22°18'$, 30°30′; – $\varphi\varrho$ : $\bar{1}22°28'$ } 30°35′.

Die seltene Fläche $T$ konnte an zwei Krystallen mit je zwei Flächen und infolge ihrer charakteristischen Lage als Abstumpfende der Kanten $\xi\,\varepsilon$ an mehreren anderen Individuen ohne Messung constatiert werden. Sie ist zwar schmal, aber von vorzüglicher Beschaffenheit. (Vgl. über $T$ auch S. 626.) Die besten Messungen gab Krystall I.

$T^4$ gemessen $\varphi\varrho$ : $\bar{7}2°30'$, 46°22′; berechnet $\varphi\varrho$ : $\bar{7}2°24'$
$T^3$ – $\varphi\varrho$ : $\bar{1}17°41'$, 46°22′; – $\varphi\varrho$ : $11\bar{7}°36'$ } 46°22′.

Die ebenfalls seltene Form $\mathfrak{n}$ wurde an einem Krystall (I) mit einer

Fläche beobachtet. Bezüglich Ausbildung und Beschaffenheit gilt auch hier das S. 627 Gesagte.

Gemessen $\varphi\varrho : \bar{1}51^{0}46'$, $65^{0}5'$; berechnet $\varphi\varrho : \bar{1}52^{0}10'$, $65^{0}5'$.

Der Habitus der Krystalle ist ein kurzsäulenförmiger bis pyramidaler. Das Zonenstück $p\bar{1}$, besonders die Flächen von $\varepsilon$, ist meist großflächig entwickelt, oft so, daß alle anderen terminalen Flächen dagegen in den Hintergrund treten.

Die Prismenzone ist immer gut und großflächig entwickelt.

## Datolith von der Seiseralpe.

Von diesem Fundorte wurde nur ein Krystall gemessen, der wegen seiner ungewöhnlichen Ausbildungsweise bemerkenswert erschien.

Die Datolithe von der Seiseralpe sind, wie mehrfach beschrieben, dadurch ausgezeichnet, daß sie starke Verzerrungen aufweisen, besonders oft eine Abplattung nach $x = +10(101)$, die den Krystallen einen tafeligen Habitus gibt.

Unser Krystall ist eigenartig verzerrt. Er hat die Gestalt einer flachen Nadel (Länge 4, Höhe $\frac{1}{4}$, Dicke $\frac{1}{2}$ mm)[1].

**Beobachtete Formen:**

| Buchstabe: | $a$ | $c$ | $t$ | $g$ | $m$ | $M$ | $x$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | 0 | $\infty 0$ | $\frac{3}{2}\infty$ | $\infty$ | $\infty 2$ | 01 | $+10$ |
| Miller: | 001 | 100 | 320 | 110 | 120 | 011 | 101 |

| Buchstabe: | $q$ | $\varepsilon$ | $n$ | $\mu$ | $\lambda$ | $\varkappa$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $+\frac{1}{3}$ | $-1$ | $+\frac{1}{2}1$ | $-21$ | $-\frac{3}{2}1$ | $-\frac{5}{2}1$ |
| Miller: | 113 | $\bar{1}11$ | 122 | $\bar{2}11$ | $\bar{3}21$ | $\bar{5}21$ |

Alle diese Formen sind von diesem Fundorte schon bekannt.

Einzelflächen: $\cdot\, a c^2 c^4 \cdot\cdot t^3 t^4 g^1 \cdot\cdot g^4 m^1 \cdot\cdot m^4 M^1 \cdot\cdot \underline{M}^3 x^2 \underline{x}^2 q^1 \cdot \underline{q}^1 \underline{q}^2 \cdot \varepsilon^4 \underline{\varepsilon}^3 \cdot n^1 \cdot\cdot \underline{n}^2 \cdot \mu^4 \underline{\mu}^3 \underline{\mu}^4 \cdot \bar{\varkappa}^4 \cdot\cdot\cdot \lambda^4 \underline{\lambda}^3 \cdot$

Der eigenartige Habitus ist aus Tafel X, Fig. 17a und b ersichtlich. Man bemerkt daran das einseitige Hervortreten von $x\, q\, \lambda$ und besonders von $\mu$.

In der Figur ist Dicke und Breite gegenüber der Länge vergrößert, damit die kleinen Flächen besser zur Anschauung gelangen.

Franzenau hat in seiner wichtigen Arbeit über den Datolith von der Seiser Alpe die Aufstellung von Lévy (1837 Humboldtit) angenommen, die Dana 1892 acceptiert. Dies geht mit Sicherheit aus dem Vergleich von Franzenau's Figg. 1, 3, 5, Taf. V mit Lévy's Taf. XV. Figg. 2, 3

[1] Diese Werte haben hier nicht dieselbe Bedeutung wie sonst, sondern geben nur die Dimensionen des Krystalles ohne Rücksicht auf die krystallographische Orientierung.

hervor. Die Buchstaben jedoch hat er so gewählt, als ob seine Aufstellung die in den Winkeltabellen acceptierte Aufstellung von Mohs-Dauber-Des Cloizeaux wäre. Auch gibt er an, seine Aufstellung entspreche der von Des Cloizeaux.

Es liegt hierin ein Widerspruch, der durch folgende Identification gelöst werden kann.

Es ist:

$$pq \text{ (Franzenau)} = \frac{2}{p}\,\frac{2q}{p} \text{ (W. T.)}$$

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Franzenau | $a$ | $b$ | $c$ | $g$ | $m$ | $x$ | $o$ | $d$ | $A$ | $\chi$ |
| | $\infty 0$ | $0\infty$ | 20 | $\infty$ | $\infty$ | 20 | 02 | 01 | 62 | 61 |
| | 100 | 010 | 001 | 210 | 110 | 201 | 021 | 011 | 621 | 611 |
| W. T. | $a$ | $b$ | $c$ | $M$ | $o$ | $x$ | $m$ | $g$ | $N$ | $q$ |
| | 0 | $0\infty$ | $\infty 0$ | 01 | 02 | 10 | $\infty 2$ | $\infty$ | $\frac{1}{3}\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{3}$ |
| | 001 | 010 | 100 | 011 | 021 | 101 | 120 | 110 | 123 | 113 |
| Franzenau | $\gamma$ | $y$ | $\eta$ | $j$ | $q$ | $\varepsilon$ | $\nu$ | $w$ | $\vartheta$ | |
| | 42 | 4 | $3\frac{1}{2}$ | $\frac{4}{3}$ | $\frac{2}{3}\frac{1}{3}$ | $-21$ | $-1$ | $-\frac{4}{3}\frac{2}{3}$ | $-1\frac{1}{2}$ | |
| | 421 | 441 | 612 | 443 | 213 | $\bar{2}11$ | $\bar{1}11$ | $\bar{4}23$ | $\bar{2}12$ | |
| W. T. | $n$ | $\beta$ | $\Gamma$ | $U$ | $Z$ | $\varepsilon$ | $\alpha$ | $\lambda$ | $\mu$ | |
| | $\frac{1}{2}1$ | $\frac{1}{2}2$ | $\frac{2}{3}\frac{1}{3}$ | $\frac{3}{2}2$ | 31 | $-1$ | $-2$ | $-\frac{3}{2}1$ | $-21$ | |
| | 122 | 142 | 213 | 342 | 311 | $\bar{1}11$ | $\bar{2}21$ | $\bar{3}21$ | $\bar{2}11$ | |

Demnach sind die von Franzenau als neu beschriebenen Formen $A$ identisch mit $N = \frac{1}{3}\frac{2}{3}$ (W. T.) und $j$ identisch mit $U = \frac{3}{2}2$ (W. T.). Dieselben sind nicht neu und es sind die Symbole $+32 = \mathfrak{h}$ (W. T.) und $\frac{2}{3}\frac{4}{3} = j$ (W. T.) aus dem Formenverzeichnis des Datoliths zu streichen.

Nach Behebung des Widerspruches sind Franzenau's Beobachtungen, Messungen und Zeichnungen in voller Übereinstimmung mit allem von dem Fundorte Bekanntem, auch mit unseren eigenen Beobachtungen.

Die Combinationen der fünf von Franzenau gemessenen Krystalle sind in unseren Buchstaben folgende:

Krystall 1: $a\,g\,m\,M\,x\,q\,\varepsilon\,\alpha\,n\,\lambda\,\mu$
- 2: $a\,c\,g\,m\,M\,x\,q\,\varepsilon\,n\,\lambda\,\mu\,\Gamma$
- 3: $b\,g\,m\,M\,o\,x\,\varepsilon\,\alpha\,\lambda\,n\,U\,\beta$
- 4: $a\,c\,g\,m\,M\,o\,x\,q\,\varepsilon\,Z\,n\,\lambda\,\mu$
- 5: $a\,c\,g\,m\,M\,x\,q\,\varepsilon\,n\,\lambda\,\mu\,N$.

Die obengenannten Mißverständnisse sind in die späteren Zusammenstellungen von Luedecke (Monographie 1888), Hintze (Handbuch 1890), Dana (Syst. 1892), Goldschmidt (Winkeltabellen 1897) übergegangen und sind entsprechend zu corrigieren.

Gdt. Winkeltabellen 1897 S. 111 Nr. 62 } die ganze Zeile
- - - - 112 - 87 } zu streichen.

## Datolith vom Wäschgrund bei Andreasberg.

Der von W. Schulze (Mitt. Ver. Vorpommern und Rügen 1887, 18, 58) beschriebene Krystall wurde uns mit gütiger Genehmigung von Prof. Jaeckel durch Dr. H. Philipp zur Untersuchung eingesandt, wofür wir bestens danken.

Schulze gibt folgende Combination:

| Buchstabe: | $a$ | $c$ | $g$ | $m$ | $M$ | $o$ | $u$ | $x$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | 0 | $\infty 0$ | $\infty$ | $\infty 2$ | 01 | 02 | $+20$ | $+10$ |
| Miller: | 001 | 100 | 110 | 120 | 011 | 021 | 201 | 101 |

| Buchstabe: | $\varepsilon$ | $Q$ | $n$ | $\delta$ | $\beta$ | $\mathfrak{B}$ | $\mathfrak{A}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $-1$ | $+12$ | $+\frac{1}{2}1$ | $+\frac{1}{4}1$ | $+\frac{1}{3}2$ | $+\frac{1}{8}\frac{1}{2}$ | $+\frac{5}{24}\frac{5}{6}$ |
| Miller: | $\bar{1}11$ | 121 | 122 | 144 | 142 | 148 | 5.20.24 |

Davon waren $\mathfrak{B}$ und $\mathfrak{A}$ für Datolith neu.

$\mathfrak{B}$ hat sich bestätigt: Schmale, gut begrenzte Fläche. Einfacher Reflex.

Gemessen $\varphi\varrho$: 21° 47′; 18° 45′; berechnet $\varphi\varrho$: 21° 57′; 18° 53′.

Die Form erscheint gesichert.

$\mathfrak{A} = +\frac{5}{24}\frac{5}{6}$ (5.20.24) nach Schulze: »langgezogener Reflex, der auf die hellste Stelle eingestellt wurde«. Dies trifft durchaus zu, doch ist die Fläche äußerst schmal; bei einer Ausdehnung von $4\frac{1}{2}°$ gestattet der Reflex nicht die Einstellung auf einen typischen Flächenpunkt.

Die Form ist als nicht gesichert zu löschen.

Busz (1891) hat eine Fläche ähnlicher Position in Zone ($q = 4p$) beobachtet und ihr das Symbol $+\frac{3}{14}\frac{6}{7}$ (3.12.14) gegeben und auch für Schulze's Form das gleiche Symbol vorgeschlagen. Vor ihm hatte Luedecke (1888) diese Form als $\delta = (3.12.14.)$ angegeben, mit der Bemerkung »sie ist wahrscheinlich $y$ (146) (Dana 12.8.1), geht in eine cylindrisch gekrümmte Fläche über«.

Auch die Form $+\frac{3}{14}\frac{6}{7}$ bedarf der Bestätigung. Beiden sehr nahe liegt der Flächenort $+\frac{1}{5}\frac{4}{5}$ (145), ebenfalls in Zone $[q = 4p]$. Dieser Ort ist wahrscheinlich gemacht durch Einschneiden der Zone $xM = [10 : 01]$. Doch ist auch diese ohne bessere Beobachtung nicht anzunehmen.

Der Krystall ist in unserer Taf. X, Fig. 15a und b abgebildet. Dimensionen: 11 : 10 : 10 mm. Außer sämtlichen Flächen Schulze's wurde noch $\xi n = -10$ ($\bar{1}01$) und $\lambda = -\frac{3}{2}1$ ($\bar{3}22$) mit je einer kleinen Fläche beobachtet.

Einzelflächen: $a \cdot c^2 c^4 \cdot g^1 g^2 \cdot g^4 m^1 m^2 m^3 m^4 M^1 M^3 \cdot\cdot o^1 o^3 \cdot\cdot u^2 \cdot x^2 \cdot \xi^4 \cdot \varepsilon^3 \varepsilon^4 \cdot\cdot Q^1 \cdot\cdot\cdot n^1 n^2 \cdot\cdot \delta^1 \cdot\cdot\cdot\cdot \lambda^4 \cdot\cdot \beta^1 \beta^2 \cdot\cdot \mathfrak{B}^1 \cdot\cdot\cdot$

Das unsichere $\mathfrak{A}$ wurde als $\frac{1}{5}\frac{4}{5}$ (145) in die Figur eingetragen und mit $\times\times$ bezeichnet.

Der Krystall setzt sich zusammen aus zwei parallel verwachsenen Stücken, bei denen die Basis $a$ in eine Ebene fällt (s. Figur). Auf dieser Basis zeigen sich kleine dreieckige, scharfkantige Vertiefungen, die als Wachstumsfiguren anzusehen sind. Einige derselben sind vergrößert in die Figur eingezeichnet.

## Discussion der Zonen.

Sie wurde in der bereits mehrfach angewandten Weise ausgeführt[1]) und dient dazu, die Hauptzonen und Hauptknoten zu erkennen, von denen die Formenentwickelung der Krystallart ausgeht. Zugleich dient sie zur kritischen Prüfung der neuen und seltenen Formen auf ihre innere Wahrscheinlichkeit.

Prismenzone.

| | $c$ | $m_z$ | $\Omega$ | $\sigma$ | $t$ | $g$ | $h$ | $m_y$ | $m$ | $S$ | $b$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $\infty 0$ | $5\infty$ | $4\infty$ | $2\infty$ | $\frac{3}{2}\infty$ | $\infty$ | $\infty\frac{4}{3}$ | $\infty 1\frac{2}{7}$ | $\infty 2$ | $\infty 4$ | $0\infty$ | |
| $v-1$ | $\infty$ | 4 | 3 | 1 | $\frac{1}{2}$ | $0\infty$ | 3 | $\frac{7}{5}$ | 1 | $\frac{1}{3}$ | 0 | $\frac{v}{1-v}$ |

Auffallend sind die Zahlen 4 und $\frac{7}{5}$, entsprechend $m_z = 5\infty$ und $m_y = \infty 1\frac{2}{7}$. Beide sind von Kraus und Cook (1907, S. 329) als ziemlich sicher bezeichnet, ohne Angabe über Zahl und Beschaffenheit der Flächen. Beide bedürfen der Bestätigung.

Zone $[p\,0]$.

| Vordere Hälfte: | $a$ | $\psi$ | $s$ | $\varphi$ | $\mathfrak{F}$ | $x$ | $\mathfrak{H}^*$ | $v$ | $u$ | $p$ | $c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | 0 | $\frac{1}{4}0$ | $\frac{1}{3}0$ | $\frac{1}{2}0$ | $\frac{2}{3}0$ | 10 | $\frac{4}{3}0$ | $\frac{3}{2}0$ | 20 | 30 | $\infty 0$ |
| $\frac{p}{1-p} =$ | 0 | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | 2 | $\infty 0$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | 2 | $\infty = p-1$ |

Beide Teile der Reihe sind normal, die neue Form $\mathfrak{H} = \frac{4}{3}0$ paßt gut hinein. Die Form $f = \frac{2}{3}0$ ist, obwohl an sich wahrscheinlich, doch als unsicher anzusehen, weil sie bisher weder durch Messung noch durch Fundortsangabe gestützt ist.

| Hintere Hälfte: | $a$ | $\tau$ | $z$ | $\Sigma$ | $\Pi$ | $\mathfrak{g}$ | $\xi$ | $\mathfrak{a}$ | $c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | 0 | $\frac{1}{7}0$ | $\frac{1}{4}0$ | $\frac{1}{3}0$ | $\frac{1}{2}0$ | $\frac{2}{3}0$ | $\overline{1}0$ | $\overline{2}0$ | $\overline{\infty}0$ |
| $-p =$ | 0 | $\frac{1}{7}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{2}{3}$ | 1 | 2 | $\infty$ |

In dieser schön gegliederten Reihe sind die Zahlen $\frac{1}{7}$ und $\frac{1}{4}$ auffallend, entsprechend $\tau = -\frac{1}{7}0$ und $z = -\frac{1}{4}0$. $\tau$ wurde von Osann (1895, S. 552) als schmale Fläche gefunden. Bei der Compliciertheit der Zahl und der Nähe an $a$, der nur einmaligen Beobachtung als schmale Fläche, dürfte eine Bestätigung nötig sein, um die Form als typisch und gesichert anzusehen. $z$ wurde von Schröder (1856) ohne Winkelangaben angeführt und von Bombicci (1877) wieder aufgefunden, aber nicht durch sichere Angaben gestützt; bedarf der Bestätigung.

---

1) Vergl. diese Zeitschr. 1887, **28**, 1 und 414; 1904, **39**, 490 (Hermann); 1910, **47**, 527 (Hillebrand und Schaller).

Zone $[p\,1]$.

| Vordere Hälfte: | $M$ | $\mathcal{S}$ | $n$ | $\Lambda$ | $L$ | $W$ | $\int$ | $Z$ | $c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | 01 | $\frac{1}{4}1$ | $\frac{1}{2}1$ | 1 | $\frac{3}{2}1$ | 21 | $\frac{5}{2}1$ | 31 | $\infty 0$ |
| $2p =$ | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | $\infty$ |
| | | | | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | $\frac{3}{2}$ | 2 | $\infty = \frac{p-2}{2}$ |

Die Formen $W \int Z$ sind schwach, selbst der Endknoten $\Lambda$ des äußeren Stücks.

| Hintere Hälfte: | $M$ | $\mathfrak{G}$ | $P^*$ | $\nu$ | $\mathfrak{b}$ | $\varepsilon$ | $\lambda$ | $\mu'$ | $\mu$ | $\varkappa$ | $\omega$ | $b^*$ | $n_1$ | $c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | 01 | $\frac{3}{14}1$ | $\frac{1}{3}1$ | $\frac{1}{2}1$ | $\frac{2}{3}1$ | $\frac{7}{4}1$ | $\frac{2}{3}1$ | $\frac{1}{4}1$ | $21$ | $\frac{2}{3}1$ | $31$ | $\frac{7}{4}1$ | $31$ | $\infty 0$ |
| $-\frac{p}{1+p} =$ | 0 | $\frac{3}{11}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | 3 | $\infty$ | 0 | $\frac{1}{3}$ | $\frac{3}{4}$ | 1 | $\frac{3}{2}$ | 2 | 3 | 4 | $\infty = 1-p$ |
| | | | | | | | | | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | 2 | 3 | $\infty$ | $= \nu - 1$ |

Auffallend sind $\frac{3}{4}$, $\frac{3}{11}$, entsprechend $\mu_1 = -\frac{7}{4}1$ und $\mathfrak{G} = -\frac{3}{14}1$. $\mu_1$ von Slavík und Fišer angegeben (Centralbl. Min. 1903, 232) mit einer Fläche und einem Winkel ohne nähere Angabe. $\mathfrak{G}$ von Osann angegeben (1895, S. 552). Die Messungen stimmen befriedigend. Eine Fläche ohne Angabe der Beschaffenheit. Bei der Complicierheit der Symbole bedürfen beide Formen der Bestätigung.

Die neuen Formen $P = -\frac{1}{3}1$ und $\mathfrak{b} = -41$ passen gut in die Reihe.

Zone $[p\,2]$.

| | $c$ | $\mathfrak{M}^*$ | $C$ | $\alpha$ | $i$ | $q$ | $B$ | $o$ | $R$ | $\mathfrak{F}^*$ | $\beta$ | $Q$ | $U$ | $\gamma$ | $c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $\infty 0$ | $32$ | $\frac{5}{2}2$ | $22$ | $\frac{3}{2}2$ | $12$ | $\frac{1}{2}2$ | $02$ | $\frac{1}{2}2$ | $\frac{1}{3}2$ | $\frac{1}{2}2$ | $12$ | $\frac{3}{2}2$ | $2$ | $\infty 0$ |
| $p =$ | $\infty$ | 3 | $\frac{5}{2}$ | 2 | $\frac{3}{2}$ | 1 | $\frac{1}{2}$ | 0 | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | $\frac{3}{2}$ | 2 | $\infty$ |

Die Reihe ist nach Ausschluß der auffallenden Formen $C = -\frac{5}{2}2$ und $R = +\frac{1}{4}2$ normal. $C$ wurde von Emerson (Am. Journ. 1882, (3) 24, 353) ohne nähere Angabe oder Messung als neu angeführt nur mit der Bemerkung, sie liege in den Zonen $[\lambda g]$ und $[o\,c]$. $R$ gab Dana (1874 S. 2) mit stark schwankenden Winkelwerten. Emerson, der sie von Deerfield erwähnt, sagt nichts über sie aus. Beide Formen bedürfen der Bestätigung.

Die neuen Formen $N = -32$ und $\mathfrak{F} = +\frac{1}{3}2$ passen gut in die Reihe.

Zone $[p\,\frac{1}{2}]$.

| | $c$ | $T$ | $\iota$ | $\Delta$ | $\mathfrak{B}$ | $\mathfrak{D}$ | $\vartheta$ | $\mathfrak{v}$ | $\mathfrak{w}$ | $A$ | $c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $\infty 0$ | $\frac{1}{2}\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}\frac{1}{2}$ | $0\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{4}\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{4}\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{4}\frac{1}{2}$ | $\frac{5}{4}\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{2}\frac{1}{2}$ | $\infty 0$ |
| $2p =$ | $\infty$ | 2 | 1 | 0 | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | $\frac{3}{2}$ | $\frac{5}{2}$ | 3 | $\infty$ |

$\mathfrak{B} = +\frac{1}{8}\frac{1}{2}$ ist durch unsere Beobachtung bestätigt (vergl. S. 634).

$\mathfrak{v} = +\frac{5}{4}\frac{1}{2}$ von Brugnatelli (l.c. S. 158) mit vier Flächen beobachtet, wobei Messung und Rechnung befriedigend stimmen, dürfte als gesichert gelten.

Zone $[p\,\frac{1}{3}]$.

| | $c$ | $\zeta$ | $J_1$ | $\mathfrak{q}$ | $\mathfrak{B}^*$ | $\Gamma$ | $c$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $\infty 0$ | $\frac{1}{12}\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{6}\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}\frac{1}{3}$ | $\frac{3}{3}\frac{1}{3}$ | $\infty 0$ |
| $3p-1 =$ | $\infty$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | 0 | $\frac{1}{2}$ | 1 | $\infty$ |

$\zeta = -\frac{1}{12}\frac{1}{3}$ ($\varkappa$ Des Cloizeaux Min. 1862 Haytorit). Seine Winkel (nach Phillips) dürften gerechnete sein. Die Form ist unsicher.

Die neue Form $\mathfrak{V}$ paßt gut in die Reihe.

Zone: $[p3]$.

| | $c$ | $E$ | $d$ | $F$ | $O$ | $Y_1$ | $\mathfrak{x}$ | $H$ | $J$ | $l$ | $\mathfrak{n}$ | $D$ | $e$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $\infty 0$ | $\frac{1}{4}3$ | $\frac{2}{3}3$ | $\frac{2}{5}3$ | $\frac{3}{4}3$ | $\frac{2}{1}3$ | $\frac{1}{1}3$ | $\frac{1}{2}3$ | $\frac{1}{4}3$ | $03$ | $13$ | $\frac{3}{2}3$ | $\infty 0$ |
| $p =$ | $\bar{\infty}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{2}{3}$ | $\frac{2}{5}$ | $\frac{3}{4}$ | $\frac{2}{1}$ | $\frac{1}{1}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{4}$ | $0\|0$ | $1$ | $\frac{3}{2}$ | $\infty$ |
| $1-p =$ | $\infty$ | $3$ | $\frac{3}{2}$ | $\frac{7}{5}$ | $\frac{5}{4}$ | $1$ | $0$ | | | | | | |

$E$ von Dana (1872) ohne Messung aus dem Zonenverband bestimmt, von Emerson ohne jede Angabe erwähnt. $F$ (Dana 1872) und $O$ (J. Lehmann, diese Zeitschr. 1881, **5**, 531) liegen dem gesicherten $d = -\frac{2}{3}3$ nahe und sind wahrscheinlich damit identisch. $J$, von Dana (1874) mit Winkelschwankungen innerhalb $2^0$ angegeben.

Alle diese Formen sind unsicher und bedürfen der Bestätigung.

Zone $[Oq]$.

| | $a$ | $\eta$ | $\Delta$ | $e$ | $M$ | $r$ | $o$ | $l$ | $b$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $0$ | $0\frac{1}{4}$ | $0\frac{1}{2}$ | $0\frac{2}{3}$ | $01$ | $0\frac{3}{2}$ | $02$ | $03$ | $0\infty$ |
| $q =$ | $0$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{2}{3}$ | $1$ | $\frac{3}{2}$ | $2$ | $3$ | $\infty$ |

$\eta = 0\frac{1}{4}$ nur einmal und ohne Angabe der Flächenbeschaffenheit angeführt (Dana 1872, S. 2); bedarf der Bestätigung.

Zone $[+\frac{1}{2}p]$.

| | $\varphi$ | $\Psi$ | $\mathfrak{B}^*$ | $\vartheta$ | $n$ | $\mathfrak{K}^*$ | $\beta$ | $b$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $\frac{1}{2}0$ | $\frac{1}{2}\frac{1}{1}$ | $\frac{1}{2}\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}1$ | $\frac{1}{2}\frac{5}{4}$ | $\frac{1}{2}2$ | $0\infty$ |
| $q =$ | $0$ | $\frac{1}{1}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | $1$ | $\frac{5}{4}$ | $2$ | $\infty$ |

$\Psi = +\frac{1}{2}\frac{1}{1}$ ist unsicher (S. 638); das auffallende $\mathfrak{K}^* = +\frac{1}{2}\frac{5}{4}$ ist durch unsere Messung gesichert und durch Zoneneinschneiden verständlich gemacht (vergl. S. 640).

Zone $(-\frac{1}{2}q)$.

| | $\Pi$ | $\iota$ | $\nu$ | $B$ | $H$ | $V$ | $b$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $\frac{1}{2}0$ | $\frac{1}{2}\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}1$ | $\frac{1}{2}2$ | $\frac{1}{2}3$ | $\frac{1}{2}4$ | $0\infty$ |
| $q =$ | $0$ | $\frac{1}{2}$ | $1$ | $2$ | $3$ | $4$ | $\infty$ |

Auffallend ist hier nur $V = -\frac{1}{2}4$, nur bei Dana (1874) mit genäherter Messung einmal beobachtet; bedarf der Bestätigung.

Zone $[p = q]$.

| | $g$ | $\varepsilon'$ | $\alpha$ | $\mathfrak{e}$ | $\varepsilon$ | $Y$ | $\iota$ | $a$ | $q$ | $\vartheta$ | $w$ | $\mathfrak{E}$ | $\Delta$ | $\gamma$ | $\varrho$ | $g$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $p =$ | $\bar{\infty}$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{2}{2}$ | $\frac{3}{4}$ | $\frac{1}{1}$ | $\frac{3}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | $0$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{2}{2}$ | $\frac{2}{3}$ | $\frac{4}{5}$ | $1$ | $2$ | $4$ | $\infty$ |

In dieser Reihe ist auffallend: $\varepsilon' = -4$, $\mathfrak{e} = -\frac{5}{4}$, $\mathfrak{E} = +\frac{4}{5}$, $\varrho = +4$; $\varepsilon'$ (Withlock 1905) und $\varrho$ (Luedecke 1888) dürften gesichert sein, denn die angegebenen Winkel stimmen gut mit den berechneten, auch sind beide Formen von späteren Autoren wieder aufgefunden worden, $\varepsilon'$ von Kraus und Cook (1907), $\varrho$ von Busz (1894).

$\mathfrak{e} = -\frac{5}{4}$ (Luedecke 1888, 309) ist unsicher, auch durch die genäherten Messungen von Ungemach (1909) nicht gesichert.

$\mathfrak{E} = +\frac{4}{5}$ (Osann 1895, 55) dürfte gesichert sein; die Form ist begründet durch Einschneiden der Zone $[2a + 3b = 4]$.

Die an sich wahrscheinliche Form $w = +\frac{2}{3}$ ist noch durch keinerlei Messung gestützt und bedarf daher der Bestätigung.

Zone $[q = 2p]$.

| Vorderes Stück: | $a$ | $x_1$ | $J_1$ | $\mathfrak{D}$ | $N$ | $n$ | $Q$ | $D$ | $f$ | $m$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq = 0$ | | $\frac{2}{7}$ | $\frac{1}{6}\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{4}\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{1}$ | 12 | $\frac{3}{2}3$ | 24 | $\infty 2$ |
| $\frac{q}{1-q} = 0$ | $\frac{2}{5}$ | $\frac{1}{2}$ | 1 | 2 | $\infty \mid 0$ | 1 | 2 | 3 | $\infty = q-1$ | |

| Hinteres Stück: | $a$ | $\mathfrak{y}^*$ | $\nu$ | $\mathfrak{q}$ | $m$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $pq = 0$ | | $\frac{1}{18}\frac{1}{9}$ | $\frac{1}{2}\frac{1}{1}$ | $\frac{1}{1}2$ | $\infty 2$ |
| $-q = 0$ | $\frac{1}{3}$ | 1 | 2 | $\infty$ | |

Das complicierte Symbol unserer neuen Form $\mathfrak{y} = -\frac{1}{18}\frac{1}{9}$ erklärt sich durch Einschneiden der Zone $[8a + 5b = 1]$ (vergl. S. 628). Auffallend ist noch $\frac{2}{5}$, entsprechend $x_1 = +\frac{1}{7}\frac{2}{7}$ von Ungemach (1909) nach Dürrfeld angegeben. Nach persönlicher Mitteilung von Dürrfeld (7. Mai 1910) stimmen Messung und Rechnung gut überein. Bei der Complicierthheit der Zahl erscheint eine Bestätigung erwünscht.

Zone $[q = 4p]$.

| | $B$ | $\zeta$ | $a$ | $\mathfrak{B}$ | $\mathfrak{A}$ | $\delta$ | $\beta$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq = \frac{1}{2}2$ | $\frac{1}{1}\frac{1}{2}$ | 0 | $\frac{1}{6}\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{14}\frac{6}{7}$ | $\frac{1}{4}1$ | $\frac{1}{2}2$ | |
| $q = 2$ | $\frac{1}{3}$ | 0 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{6}{7}$ | 1 | 2 | |

$\mathfrak{S} = -\frac{1}{12}\frac{1}{3}$ und $\mathfrak{A} = +\frac{3}{14}\frac{6}{7}$ sind unsicher (vergl. S. 634 und 637).

Zone $[p - q = 1]$.

| | $g$ | $K$ | $Y_1$ | $\mathfrak{q}$ | $M$ | $N$ | $\chi$ | $\vartheta$ | $\Gamma$ | $x$ | $A$ | $W$ | $g$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq = \infty$ | $\frac{1}{45}$ | $\frac{1}{23}$ | $\frac{1}{12}$ | $0\frac{1}{1}$ | $\frac{1}{3}\frac{1}{3}$ | $\frac{2}{5}\frac{1}{5}$ | $\frac{1}{2}\frac{1}{1}$ | $\frac{2}{3}\frac{1}{3}$ | 10 | $\frac{3}{2}\frac{1}{1}$ | 21 | $\infty$ | |
| $p = \infty$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{1}$ | 0 | $\frac{1}{3}$ | $\frac{2}{5}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{2}{3}$ | 1 | $\frac{3}{2}$ | 2 | $\infty$ | |

$$0 \quad \frac{1}{2} \quad \frac{2}{3} \quad 1 \quad 2 \quad \infty = \frac{p}{1-p}$$

$K = -45$ wurde von Dana (1872) aus dem Schnitt der Zonen $[p - q = 1]$ und $[2a + 8b = -3]$ bestimmt. Sein Winkel $ka = 79^\circ 3'$ ist ein berechneter. Die Form bedarf der Bestätigung.

$\chi$ ist begründet durch eine locale Entwickelung zwischen den wichtigen Knoten $M$ und $x$, sowie durch Einschneiden der Zone $[4p - q = 1]$.

Zone $[p - 2q = 1]$.

| | $\sigma$ | $\mathfrak{N}$ | $\varepsilon$ | $\mathcal{J}$ | $q$ | $\Psi$ | $\mathfrak{N}^*$ | $Z$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $2\infty$ | $\frac{1}{3}2$ | $\frac{1}{1}1$ | $0\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}\frac{1}{1}$ | 10 | $\frac{3}{1}1$ | |
| $q = \infty$ | 2 | 1 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{4}$ | 0 | $\frac{1}{1}$ | |

$\Psi$, von Dana (1872, S. 4) und Luedecke (1888, S. 306) als rauhe Fläche ohne Messung aus Zonen bestimmt, bedarf der Bestätigung.

Zone $[q - 2p = 1]$.

| | $m$ | $Y_1$ | $i$ | $\varepsilon$ | $\Pi$ | $M$ | $M_1$ | $\beta$ | $n$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $\bar{\infty}\bar{2}$ | $\bar{2}\bar{3}$ | $\frac{3}{2}\bar{2}$ | $-1$ | $\frac{1}{2}0$ | $01$ | $\frac{1}{4}\frac{3}{2}$ | $\frac{1}{2}2$ | $13$ |
| $p =$ | $\bar{\infty}$ | $\bar{2}$ | $\frac{3}{2}$ | $\bar{1}$ | $\frac{1}{2}$ | $0$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{2}$ | $1$ |

$M_1 = \frac{1}{4}\frac{3}{2}$; von Ungemach (1909) nur mit einer Fläche beobachtet mit genäherter Messung; bedarf der Bestätigung.

Zone $[q - 2p = 2]$.

| | $m$ | $d$ | $\alpha$ | $\lambda$ | $\xi$ | $Y$ | $\nu$ | $\pi$ | $o$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $\bar{\infty}\bar{2}$ | $\frac{3}{2}\bar{3}$ | $-2$ | $\frac{3}{2}\bar{1}$ | $\bar{1}0$ | $\frac{2}{3}\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{2}1$ | $\frac{1}{4}\frac{3}{2}$ | $02$ | |
| $-(1+p) =$ | $\infty$ | $\frac{3}{2}$ | $1$ | $\frac{1}{2}$ | $0\infty$ | $2$ | $1$ | $\frac{1}{3}$ | $0$ | $= -\frac{p}{1+p}$ |

Die Reihe ist normal. Die Spaltung bei $\xi = -10$ erklärt sich durch Einschneiden der Axenzone $[po]$.

Zone $[2p - q = 1]$.

| | $m$ | $\mathfrak{x}$ | $B$ | $\pi$ | $M$ | $D$ | $q$ | $\varphi$ | $\Gamma$ | $\mathfrak{d}$ | $A$ | $U$ | $m$ | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $\bar{\infty}\bar{2}$ | $\bar{1}\bar{3}$ | $\frac{1}{2}\bar{2}$ | $\frac{1}{4}\frac{3}{2}$ | $0\bar{1}$ | $\frac{1}{4}\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}0$ | $\frac{2}{3}\frac{1}{3}$ | $\frac{3}{4}\frac{1}{2}$ | $1$ | $\frac{3}{2}2$ | $\infty 2$ | |
| $\frac{1}{2}p =$ | $\bar{\infty}$ | $\bar{2}$ | $\bar{1}$ | $\frac{1}{2}$ | $0$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{2}{3}$ | $1$ | $\frac{4}{3}$ | $\frac{3}{2}$ | $2$ | $3$ | $\infty$ | |
| | | | | | | | | $0$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | $1$ | $2$ | $\infty$ | $= p - 1$ |

Die Reihe ist normal. Die Spaltung bei $\varphi$ ist begründet durch Einschneiden der Axenzone $[po]$.

Zone $[2p - q = 2]$.

| | $m$ | $X$ | $H$ | $o$ | $M_1$ | $n$ | $w$ | $\mathfrak{d}$ | $x$ | $\mathfrak{w}$ | $L$ | $\gamma$ | $m$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $\bar{\infty}\bar{2}$ | $\bar{2}\bar{6}$ | $\frac{1}{2}\bar{3}$ | $02$ | $\frac{1}{4}\frac{3}{2}$ | $\frac{1}{2}\bar{1}$ | $\frac{2}{3}\frac{2}{3}$ | $\frac{3}{4}\frac{1}{2}$ | $0$ | $\frac{5}{4}\frac{1}{2}$ | $\frac{3}{2}1$ | $2$ | $\infty 2$ |
| $q =$ | $\bar{\infty}$ | $\bar{6}$ | $\bar{3}$ | $\bar{2}$ | $\frac{3}{2}$ | $\bar{1}$ | $\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | $0$ | $\frac{1}{2}$ | $1$ | $2$ | $\infty$ |

$X = -26$; von Dana (1874, S. 2) mit großen Winkelschwankungen angegeben. Bedarf der Bestätigung.

Bezüglich $M_1 = \frac{1}{4}\frac{3}{2}$ und $w = \frac{2}{3}$ (s. oben und S. 638).

Zone $[4p - q = 1]$.

| | $H$ | $M$ | $\mathfrak{B}$ | $J_1$ | $\psi$ | $q$ | $\chi$ | $n$ | $n$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $\frac{1}{2}\bar{3}$ | $0\bar{1}$ | $\frac{1}{6}\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{6}\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{4}0$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{2}{5}\frac{3}{5}$ | $\frac{1}{2}1$ | $13$ |
| $2p =$ | $\bar{1}$ | $0$ | $\frac{1}{4}$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{2}{3}$ | $\frac{4}{5}$ | $1$ | $2$ |
| | | $0$ | $\frac{1}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | $1$ | $2$ | $4$ | $\infty$ | |

Das Stück $Mn$ ist normal. Das gut gesicherte $\chi = +\frac{2}{5}\frac{3}{5}$ ist durch Einschneiden der Zone $[p - q = 1]$ begründet.

Zone $[2p + q = -3]$.

| | $m$ | $K$ | $C$ | $\mu$ | $\varepsilon$ | $B$ | $l$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $\bar{\infty}\bar{2}$ | $\bar{4}\bar{5}$ | $\frac{5}{2}\bar{2}$ | $\bar{2}\bar{1}$ | $\bar{1}1$ | $\frac{1}{2}\bar{2}$ | $03$ |
| $-p =$ | $\infty$ | $4$ | $\frac{5}{2}$ | $2$ | $1$ | $\frac{1}{2}$ | $0$ |

Auch in diese Reihe passen die oben als unsicher discutierten Formen $K$ und $C$ nicht hinein.

Zone $[3p - 2q = 1]$.

| | q | $P^*$ | $\Delta$ | $x_1$ | $s$ | $\Psi$ | $\Lambda$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $\bar{1}\bar{2}$ | $\frac{1}{3}\bar{1}$ | $0\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{7}\frac{2}{7}$ | $\frac{1}{3}0$ | $\frac{1}{2}\frac{1}{4}$ | 1 |
| $-q =$ | 2 | 1 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{2}{7}$ | 0 | $\frac{1}{4}$ | $\bar{1}$ |

Die Reihe ist normal bis auf $x_1 = \frac{1}{7}\frac{2}{7}$ und $\Psi = \frac{1}{2}\frac{1}{4}$, welche beide schon oben als unsicher bezeichnet wurden.

Zone $[2q - p = 2]$.

| | $\sigma$ | $\mathfrak{b}^*$ | $\mathfrak{a}$ | $T$ | $Y$ | $M$ | $\mathfrak{R}^*$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $\bar{2}\bar{0}\bar{0}$ | $\bar{4}\bar{1}$ | 20 | $\bar{1}\frac{1}{2}$ | $\frac{2}{3}\frac{2}{3}$ | 01 | $\frac{1}{2}\frac{1}{4}$ | 2 |
| $-\frac{p}{2} =$ | $\infty$ | 2 | 1 | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}$ | 0 | $\bar{1}\frac{1}{4}$ | $\bar{1}$ |

Die neue Form $\mathfrak{b}$ paßt gut in die Reihe. $\mathfrak{R}$ ist durch Einschneiden der Zone $[\frac{1}{2}q]$ begründet.

Zone $[2p - 3q = 2]$.

| | $t$ | $\mu'$ | $\alpha$ | $\nu$ | $e$ | $D$ | $\Gamma^*$ | $x$ | $\int$ | $t$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $pq =$ | $\frac{3}{2}\bar{0}\bar{0}$ | $\bar{5}\bar{4}$ | $-2$ | $\bar{3}\bar{1}$ | $0\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{4}\bar{1}$ | $\frac{1}{2}\bar{1}$ | 10 | $\frac{1}{2}\bar{1}$ | $\frac{3}{2}\infty$ |
| $-q =$ | $\infty$ | 4 | 2 | 1 | $\frac{2}{3}$ | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{3}$ | 0 | $\bar{1}$ | $\bar{\infty}$ |

$\mu'$ bei Whitlock (1905, S. 21), sowie bei Kraus und Cook (1907) mit je einer Messung ohne Angabe über Flächenbeschaffenheit. Obwohl die Messung mit der Rechnung stimmt, wäre eine Bestätigung erwünscht.

Außer den discutierten Formen ist noch $G = -89(\bar{8}91)$ unsicher. Dana, der sie 1872 zuerst beschreibt, gibt an, daß sie gerundet und matt sei. Emerson (1882) erwähnt sie von Deerfield ohne jede nähere Angabe.

## Unsichere und unrichtige Formen.

Aus der Zahl der sicheren Formen wurden zunächst alle unrichtigen ausgeschieden. Dann aber auch die nicht ganz sicheren, d. h. der Bestätigung bedürftigen. Unter letzteren werden wohl manche durch spätere Messungen gesichert werden, andere nicht. Das Princip dürfte im Interesse der Klarheit festzuhalten sein.

Die unsicheren Formen sind S. 653 tabellarisch zusammengestellt und in das Projectionsbild eingetragen, um das Verständnis der Discussion zu erleichtern.

Auf Grund unserer Discussionen sind unter die unsicheren Formen zu stellen folgende in den Winkeltabellen aufgenommene Formen:

| Buchstabe: | $\eta$ | $f$ | $\tau$ | $\varkappa$ | $w$ | $\mathfrak{G}$ | $X$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $0\frac{1}{4}$ | $+\frac{2}{3}0$ | $-\frac{1}{7}0$ | $-\frac{1}{4}0$ | $+\frac{2}{5}$ | $\frac{2}{1\,4}1$ | $-26$ |
| Miller: | 014 | 203 | $\bar{1}07$ | $\bar{1}04$ | 223 | $\bar{3}.14.14$ | $\bar{2}61$ |
| Buchstabe: | $R$ | $C$ | $\Psi$ | $V$ | $J$ | $O$ | $F$ |
| Symbol: | $-\frac{1}{4}2$ | $-\frac{5}{2}2$ | $+\frac{1}{2}\frac{1}{4}$ | $-\frac{1}{2}\frac{1}{4}$ | $-\frac{1}{4}3$ | $-\frac{2}{4}3$ | $-\frac{1}{5}23$ |
| Miller: | 184 | $\bar{5}42$ | 214 | $\bar{1}82$ | $\bar{1}.12.4$ | 9.12.4 | $\bar{1}2.15.5$ |

| Buchstabe: | $E$ | $\zeta$ | $K$ | $G$ | $\mathfrak{A}$ |
|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $-43$ | $-\frac{1}{12}\frac{1}{3}$ | $-45$ | $-89$ | $+\frac{3}{14}\frac{6}{7}$ |
| Miller: | $\bar{4}31$ | 1.4.12 | $\bar{4}51$ | $\bar{8}91$ | 3.12.14 |

Ferner die in neuerer Zeit beschriebenen Formen:

| Buchstabe: | $m_z$ | $m_y$ | $\mathfrak{e}$[1]) | $\mu_1$ | $M_1$ | $\lambda'$ | $\mu'$ | $\varkappa_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $50\infty$ | $\infty\frac{1}{7}^2$ | $-\frac{5}{4}$ | $-\frac{7}{4}1$ | $+\frac{1}{4}\frac{3}{2}$ | $-\frac{3}{2}4$ | $-54$ | $+\frac{1}{7}\frac{2}{7}$ |
| Miller: | 510 | 7.12.0 | $\bar{5}54$ | $\bar{7}44$ | 164 | $\bar{9}82$ | $\bar{5}41$ | 127 |

Nach Luedecke (1888) sind aus dem Verzeichnis der Datolithformen wegzulassen: $\infty\frac{3}{2}$, $-40$, $-24$, $+\frac{2}{5}$, $+\frac{1}{9}^0$, $+26$, $-\frac{4}{3}1$. Nach Goldschmidt (1891) auch $+\frac{1}{2}\frac{3}{2}$, $-3\frac{4}{3}$, $-74$ (von Dana 1872 mit »?« versehen), $-\frac{9}{10}1$, ferner Luedecke's Formen $\mathfrak{g}\cdot = \infty\frac{1}{9}^3$, $f\cdot = \infty 8$, $r\cdot = 0\frac{1}{8}$, $\mathfrak{x} = -\frac{2}{5}0$, $\varepsilon\cdot = -\frac{7}{10}$, $\mathfrak{z} = -\frac{7}{2}2$, $C\cdot = -\frac{15}{2}2$, $\mathfrak{Z} = \frac{9}{20}\frac{9}{10}$, $\mathfrak{S} = \frac{2}{5}\frac{4}{5}$. $-\frac{1}{4}1$ [$p = -(\overline{Pr}-1)^3$; Mohs 1824] ist wohl ohne Beobachtung in die Figur eingezeichnet zur Darlegung der Zonenverbände.

Das an sich nicht unwahrscheinliche $\infty 3$ Hessenberg's (1862) hat er selbst mit »?« versehen.

Goodchild (1903, 16) zeichnet in eine seiner Figuren $-\frac{5}{4}\frac{1}{2}$ (als $\bar{2}15$ nach Dana's Aufstellung) mit zwei mittelgroßen Flächen ein, ohne Angabe im Text.

Über $+42$ ($r$ Phillips 1827) ist keinerlei Angabe gemacht.

Alle diese Formen wurden von der Discussion der Reihe und von der Zusammenstellung der unsicheren Formen ausgeschlossen.

$\mathfrak{h} = +32$ und $\mathfrak{j} = +\frac{3}{3}\frac{4}{3}$ sind nach S. 633 zu löschen.

## Statistik der Combinationen.

Bei der Statistik der Combinationen läßt sich eine gewisse Willkür nicht vermeiden; dies ergibt sich aus folgendem:

Combination ist die Gesamtheit der Flächen an einem Krystall.

Die Combination ist gesichert, da, wo sie als solche speciell angegeben ist, ferner in den Figuren. Doch sind bei solchen öfters Flächen weggelassen, anderseits Figuren hergestellt durch Einzeichnen von Flächen mehrerer verschiedener Krystalle. Es gibt auch Krystallbilder, bei denen alle bekannten Formen der Krystallart zusammen in eine Figur aufgenommen sind.

Endlich gibt es Angaben über die an einem Fundort gefundenen Flächenarten ohne Anführung der Combination der einzelnen Krystalle. Es läßt sich da nur eine Gesamtcombination des Fundorts aufstellen.

1) Von Luedecke 1888 als neu aufgestellt, doch als zum Anglesit gehörig von Goldschmidt aus dem Verzeichnis der Datolithformen gestrichen; neuerdings von Ungemach (1909) angegeben.

So bleiben öfters Zweifel, was im speciellen Fall als Combination anzuführen sei. In solchen Fällen wurde nach bestem Ermessen eine Wahl getroffen.

Trotz dieser Unsicherheit liefert die Statistik der Combinationen doch das, wozu sie gemacht wurde, nämlich eine zutreffende Rangordnung nach der Häufigkeit.

Bei der Zusammenstellung der Statistik über Formenhäufigkeit und Flächengröße, sowie bei der Discussion der Formen hat sich Luedecke's gründliche Monographie (1888) als außerordentlich wertvoll erwiesen.

In der Combinationstabelle sind die unsicheren Formen von den sicheren durch Punkte getrennt.

**Deutschland.**

| Nr. | Combination | Fundort | Autor | Jahr | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $abcgmMo\varepsilon\lambda\beta$ | Andreasberg | Kayser | 1834 | Taf. II, Fig. 16 |
| 2 | $abcgmMouxs Qn\lambda\beta U$ | - | - | - | - II, - 17 |
| 3 | $agmMox\xi\varepsilon\alpha Qn$ | - | Quenstedt | 1835 | Pogg. Ann. 36, T. III, F. 3 |
| 4 | $agmMouxs\xi Q n\nu\delta$ b $\lambda U\beta i$ | - | - | - | - - 36, T. III, F. 4 |
| 5 | $agmMx\varepsilon$ | - | Heß | 1854 | - - 93, T. IV, F. 6 |
| 6 | $acgmMux\xi\varepsilon\dot{a}n\lambda$ | - | - | - | - - 93, T. IV, F. 7 |
| 7 | $acgmMx\xi\varepsilon an\lambda$ | - | - | - | - - 93, S. 383 |
| 8 | $acgmM\varepsilon n$ | - | Schröder | 1855 | - - 94, T. V, F. 3 |
| 9 | $actgmMx\varepsilon\varepsilon n$ | - | - | - | - - 94, T. V, F. 4 |
| 10 | $acgmMux\varepsilon n\beta$ | - | - | - | - - 94, T. V, F. 5 |
| 11 | $acgmMox\varepsilon\xi an\lambda\mu\beta$ | - | - | - | - - 94, T. V, F. 6 |
| 12 | $agmMox\varepsilon\delta\beta$ | - | - | - | - - 94, T. V, F. 7 |
| 13 | $acgmMo\varepsilon n\delta\beta$ | - | - | - | - - 94, T. V, F. 8 |
| 14 | $agmMox\xi\varepsilon an\beta$ | - | - | - | - - 94, T. V, F. 9 |
| 15 | $acgmMou\xi\varepsilon aQx\delta\lambda U\beta$ | - | - | - | - - 94, T. V, F. 10 |
| 16 | $cMn\mu$ | - | - | - | - - 94, T. V, F. 11 |
| 17 | $acgmMox\Pi\varepsilon n\delta\lambda\mu$ | - | Dana | 1874 | Tscherm. Mitt. IV, T. I, F. 3 |
| 18 | $acgmMo\varepsilon n\delta\beta$ | - | - | - | - - IV, T. I, F. 9 |
| 19 | $acgmMx\varepsilon n$ | - | Quenstedt | 1877 | Min. S. 422 |
| 20 | $agmM\varepsilon n$ | - | Kokscharow | 1878 | Mat. Min. Rußl. 8, S. 139 |
| 21 | $acgmMouxs Qn\delta$ | - | Groth | - | Min.-Samml. Straßb. S. 187 |
| 22 | $acgmM\varepsilon n$ | - | - | - | - - S. 187 |
| 23 | $acgmMouxs Qn\delta\beta\mathfrak{B}$ $\{\xi\lambda^1)\}\ldots\mathfrak{A}$ | - | Schulze | 1886 | Mit. nat. Ver. Neu-Vorp. S. 58 |
| 24 | $atgmMo\varphi\xi\varepsilon n$ | - | Luedecke | 1888 | Z. Naturw. Halle T. IV, F. 1 |
| 25 | $agmMouxs\varepsilon n\delta\beta$ | - | - | - | - - T. IV, F. 2 |
| 26 | $agmMox\varepsilon n\delta\beta$ | - | - | - | - - T. IV, F. 3 |
| 27 | $acgmM\varepsilon n$ | - | - | - | - - T. IV, F. 4 |
| 28 | $ctgmx\varepsilon$ | - | - | - | - - T. IV, F. 6 |
| 29 | $amM\varepsilon n$ | - | - | - | - - T. IV, F. 7 |
| 30 | $actgmy\varepsilon\{xs\}$ | - | - | - | - - T. IV, F. 8 |
| 31 | $acmM\varepsilon n$ | - | - | - | - - T. IV, F. 9 |
| 32 | $actgmMx\varepsilon n\lambda$ | - | - | - | - - T. IV, F. 10 |
| 33 | $agmMox\varepsilon n\delta\beta$ | - | - | - | = Kopf v. F. 3 T. IV, F. 11 |
| 34 | $agmMo\alpha\varepsilon an\beta$ | - | - | - | - T. V, F. 12 |

1) Von uns am Originalkrystall Schulze's aufgefunden.

| Nr. | Combination | Fundort | Autor | Jahr | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| 35 | $acgmM\varepsilon n$ | Andreasberg | Luedecke | 1888 | Z. Naturw. Halle T. V, F. 13 |
| 36 | $acgmMox\xi\varepsilon aQn\beta$ | - | - | - | - - T. V, F. 14 |
| 37 | $acmM\varepsilon ZLn$ | - | - | - | - - T. VI, F. 15 |
| 38 | $agmM\varepsilon n$ | - | - | - | - - T. VI, F. 16 |
| 39 | $agmMo\varepsilon n\delta\beta$ | - | - | - | - - S. 351 |
| 40 | $ag\varrho\gamma\varepsilon Q\mathfrak{Y}$ | - | - | - | - - S. 351 |
| 41 | $cgmMx\varepsilon an\lambda\mu x\cdots E$ | - | - | - | - - S. 356 |
| 42 | $acgmM\psi q\varepsilon n\mu\lambda$ | - | - | - | - - S. 356 |
| 43 | $acgmMo\varepsilon a\delta\beta\cdots\mathfrak{A}$ | - | - | - | - - S. 357 |
| 44 | $abcgmMoux\varepsilon aQn\delta\beta\cdots\mathfrak{A}$ | - | - | - | - - S. 357 |
| 45 | $acgmMo\varepsilon a\lambda$ | - | - | - | - - S. 357 |
| 46 | $acgmMoux\varepsilon Qn\beta$ | - | - | - | - - S. 357 |
| 47 | $acgmMoux\xi\varrho\varepsilon aQn\delta\lambda U\beta\mathfrak{B}\cdots\mathfrak{A}$ | - | Busz | 1891 | D. Ztschr. 19, S. 22 (Fig.) |
| 48 | $acgmMoxs\xi a\varepsilon an\lambda\mu$ | - | Luedecke | 1895 | Min. Harz S. 423, Nr. 9 |
| 49 | $acgmMoux\varepsilon Qn\delta$ | - | - | - | - S. 423, Nr. 13 |
| 50 | $agmMouxs\varepsilon n\delta\beta$ | - | - | - | - S. 423, Nr. 17 |
| 51 | $acMo\xi\iota\varepsilon$ | - | - | - | - S. 423, Nr. 19 |
| 52 | $cgmMo\varepsilon a\lambda$ | - | - | - | - S. 423, Nr. 20 |
| 53 | $agmMx\varepsilon n\lambda$ | Niederkirch. | Lehmann | 1881 | D. Ztschr. 5, T. XV, F. 1 |
| 54 | $agmMx\varepsilon n\lambda\cdots\cdots O$ | - | - | - | - 5, T. XV, F. 2 |
| 55 | $agmMo\varepsilon Q\beta$ | - | - | - | - 5, T. XV, F. 3 |
| 56 | $cgmM\varepsilon n$ | Hirschkopf | Luedecke | 1885 | - 10, S. 198, F. 5 |
| 57 | $cgmMx\varepsilon nUA$ | - | - | - | - 10, S. 198, F. 6 |
| 58 | $acgmMoux\xi q\varepsilon aQn\lambda Y_1U\beta id\cdots M_1$ | Sainte Marie | Ungemach | 1909 | Bull. soc. Min., S. 404, F. 1 |
| 59 | $abcgmMoxq\varepsilon aQn\lambda\mu U\beta d\{sY_1\cdots M_1\}$[1] | - | - | - | - S. 404, F. 2 |
| 60 | $acgmMo\xi\iota\varepsilon aQn\lambda\beta D$ | - | - | - | - S. 405, F. 3 |
| 61 | $acgmMou\xi\Lambda qan\beta\{\omega D\}$ | - | - | - | - S. 405, F. 4 |
| 62 | $abcgmMox\xi\iota\varepsilon aQn\delta\lambda\omega U\beta d$ | - | - | - | - S. 406, F. 5 |
| 63 | $abcgmMo\xi a\varepsilon aQn\lambda\mu U\beta\vartheta$ | - | - | - | - S. 406, F. 6 |
| 64 | $acgmMou\xi\Lambda q\iota\varepsilon aQLn\delta U\beta\vartheta\cdots\{x_1\}$ | - | - | - | - S. 406, F. 7 |
| 65 | $abcgmSMou\Sigma\xi a\varepsilon aQn\lambda\beta J_1\cdots e$ | - | - | - | - S. 407, F. 8 |
| 66 | $abcgmSMo\xi a\varepsilon aQn\lambda UBJ_1\cdots e$ | - | - | - | - S. 407, F. 9 |

## Österreich.

| Nr. | Combination | Fundort | Autor | Jahr | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| 67 | $agmMx\varepsilon n$ | Theiß, Tirol | Mohs | 1824 | Min. F. 68 |
| 68 | $abgmMox\varepsilon n\nu\beta i$ | - | - | - | - F. 69 |
| 69 | $agmMrox\varepsilon an\mu x\beta i\pi$ | - | - | - | - F. 70 |
| 70 | $agmMox\varepsilon n\beta$ | - | Groth | 1778 | M. Samml. Straßb., T. VI, F. 61 |
| 71 | $abmMoxy\varepsilon nH$ | - | Vrba | 1881 | D. Zeitschr. 5, T. XII, F. 9 |
| 72 | $agmMx\varepsilon n$ | - | Luedecke | 1888 | Z. Naturw. Halle T. VII, F. 22 |
| 73 | $agmMuvx\iota Y\varepsilon n$ | Geisalpe(?) | Phillips | 1823 | Min. S. 380 (Fig.) |
| 74 | $agmMxq\varepsilon n\lambda\mu$ | Seiseralpe | Lévy | 1837 | Descript. T. XV, F. 2 |
| 75 | $acgmMx\varepsilon n\lambda\mu$ | - | - | - | - T. XV, F. 3 |

1) Die eingeklammerten Flächen sind im Texte erwähnt, aber nicht in die Figur eingezeichnet.

| Nr. | Combination | Fundort | Autor | Jahr | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| 76 | $agmMxq\varepsilon\alpha n\lambda\mu$ | Seiseralpe | Franzenau | 1887 | Math.nat.Ber.Ung., T.V, F.1,2 |
| 77 | $acgmMxq\varepsilon n\lambda\mu\Gamma$ | - | - | - | - - F.3,4 |
| 78 | $bgmMox\varepsilon\alpha\lambda nU\beta$ | - | - | - | - - F.5,6 |
| 79 | $acgmMoxq\varepsilon Zn\lambda\mu$ | - | - | - | - - F. 7 |
| 80 | $acgmMxq\varepsilon n\lambda\mu N$ | - | - | - | - - F. 8 |
| 81 | $acgmMou\varkappa\varepsilon n\lambda\mu\varkappa\beta BN$ | - | Riechelmann | - | D. Ztschr. 12, S. 437 (Fig.) |
| 82 | $actgmMx\varepsilon n\lambda\mu\varkappa B$ | - | Luedecke | 1888 | Z. Naturw. Halle S. 336 |
| 83 | $cgmMx\varepsilon n\lambda\mu\varkappa$ | - | - | - | - S. 337 |
| 84 | $actgmMxq\varepsilon n\mu\lambda\varkappa$ | - | Görgey u. Goldschmidt | 1910 | - S. 632, T. X, F. 17 |
| 85 | $abc\sigma tgmMx\xi\gamma\varepsilon n\lambda\mu\varkappa\omega\beta$ | Kuchelbad | Preis u. Vrba | 1879 | Sitzber. böhm. Ak., F. 4 |
| 86 | $acgmMx\xi\varepsilon n$ | - | - | - | D. Ztschr. 4, T. IX, F. 2 |
| 87 | $cMx\varepsilon n\lambda\mu\varkappa\omega$ | - | - | - | - - F. 3 |
| 88 | $abmM\varepsilon n\beta$ | Listiz | Slavík u. Fišer | 1903 | Centralbl. Min. S. 231, F. 1 |
| 89 | $abcmMx\varepsilon n$ | - | - | - | - - F. 2 |
| 90 | $acmMx\xi\varepsilon\lambda\mu\varkappa\cdots\mu_1$ | - | - | - | - - F. 3 |
| 91 | $abctgmM\varepsilon nx$ | Bukowina | Cornu u. Himmelbauer | 1905 | Mitt. nat. Ver. Wien S. 13 |
| 92 | $amMux\varepsilon n\mu$ | Monzoni | Tacconi | - | Ac. Linc. S. 706, F. 1 |
| 93 | $Mx\varepsilon n\mu$ | - | - | - | - S. 708, F. 2 |

**Italien.**

| Nr. | Combination | Fundort | Autor | Jahr | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| 94 | $actgmMx\varepsilon n\mu\varkappa$ | Toggiana | Haidinger | 1849 | Sitzb. Ak. Wien 2, S. 216 (F.) |
| 95 | $abc\sigma tgmMrox\psi\xi q\varepsilon Qn\nu\mu\varkappa\chi$ | - | Dauber | 1858 | P. A. 103, S. 116 (Gesamtf.) |
| 96 | $abctgmMox\xi\vartheta q\varepsilon TLn\nu\lambda\mu\varkappa\omega\beta\pi$ | - | Dana | 1874 | Tscherm. Mitt. T. I, F. 5 |
| 97 | $actgmMx\vartheta qLn$ | - | - | - | - - F. 8 |
| 98 | $actgmM\varepsilon n\mu\omega$ | - | Groth | 1878 | Min. Samml. Straßb. S. 188 |
| 99 | $bcmM$ | Mt. Catini | Helmreichen | 1853 | Jb. geol. Reichsanst. S. 168 |
| 100 | $abctgmM\Pi q\varepsilon Qn\lambda\varkappa$ | - | Sansoni | 1888 | Atti d. Ac. Torino V. 23, 8, F. 1 |
| 101 | $abcgmM\varepsilon n$ | Castellina di | Bombicci | 1877 | Mem. Ac. Bol. (3) 8, T. I, F. 4 |
| 102 | $ctmxn$ | Porretta | - | - | - F. 6 |
| 103 | $cgmoxn$ | - | - | - | - F. 7 |
| 104 | $abctgmMoxn\beta$ | - | - | - | - F. 8 |
| 105 | $bgmxn$ | - | - | - | - F. 9 |
| 106 | $abgmMxyn\delta\nu$ | - | - | - | - F. 10 |
| 107 | $bcgmMon\nu\beta$ | - | - | - | - F. 11 |
| 108 | $abcgmMx\varepsilon n$ | - | - | - | - F. 12 |
| 109 | $acgmxQnA$ | - | - | - | - F. 13 |
| 110 | $ctgmxn\nu$ | - | - | - | - F. 14 |
| 111 | $actmxQn\delta\nu$ | - | - | - | - F. 15 |
| 112 | $bctgmoxyn\delta\beta\cdots\varkappa$ | - | - | - | - F. 16 |
| 113 | $abcgMosn$ | - | - | - | - F. 17 |
| 114 | $abtgmMxyn\nu$ | - | - | - | - F. 18 |
| 115 | $actgmMn$ | - | - | - | - F. 19 |
| 116 | $ac\sigma tgmM\varepsilon n$ | Baveno | Lavalle | 1884 | bei Molin. Atti. soc. it. 28, 176 |
| 117 | $actgmMx\varepsilon nN$ | - | Luedecke | 1888 | Z. Naturw. H. S. 390 (Gesamtf.) |
| 118 | $amM\varepsilon n$ | Casarza | Negri | 1887 | Riv. Min. Vol. I, S. 47 |
| 119 | $acM\varepsilon n\lambda$ | - | - | - | - |
| 120 | $cgmM\varepsilon n\lambda$ | - | - | - | - |
| 121 | $cgmM\varepsilon n\lambda\mu$ | - | - | - | - |
| 122 | $acgmMq\varepsilon n$ | - | - | - | - |
| 123 | $acgM\varepsilon n\lambda\mu$ | - | - | - | - |
| 124 | $acgmM\varepsilon\nu\lambda\beta$ | - | - | - | T. III, F. 4 - |

| Nr. | Combination | Fundort | Autor | Jahr | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| 125 | *c m M x ε n ν λ x* | Casarza | Negri | 1887 | Riv. Min. Vol. I, S. 47 |
| 126 | *a c g m M ε n λ μ* | - | - | - | T. III, F. 3 - |
| 127 | *a c g m M ε n λ μ x* | - | - | - | - |
| 128 | *a c g m M q ε n λ β* | - | - | - | - |
| 129 | *a c t g m M x μ x* | - | - | - | - |
| 130 | *a c t M x ξ ε n λ μ x* | - | - | - | - |
| 131 | *a c g m M u x q ε n λ μ* | - | - | - | T. III, F. 2 - |
| 132 | *a c g m M o ξ n λ μ x* | - | - | - | - |
| 133 | *a c t g m M x ε n λ μ x* | - | - | - | T. III, F. 6 - |
| 134 | *a c t g m M r o ε n λ μ x β* | - | - | - | T. III, F. 5 - |
| 135 | *a c t g m M o ξ ε λ μ x β i* | - | - | - | - |
| 136 | *a c g m M q ε n λ μ* | - | - | - | T. III, F. 7 - |
| 137 | *a c g m M u q ε n λ μ β* | - | Luedecke | 1888 | T. IX, F. 28 - |
| 138 | *a t g m M o x Λ ε L n ν λ μ x* | Serra dei Zanchetti | Brugnatelli | - | D. Ztschr. 13, T. V, F. 1 |
| 139 | *a c σ t g m M o u x s Π g ξ ε Q ϒ L n ν λ μ β B* | - | - | - | - F. 2 |
| 140 | *a t g m M o x Π ξ ε ∫ W L n ν λ μ x β B ϖ* | - | - | - | - F. 3 |
| 141 | *a c t g m M u x ξ ϑ ε L n ν λ μ x υ ϖ* | - | - | - | - F. 4 |
| 142 | *a c g m M o x ε Q ϒ L n ν λ β B* | - | - | - | - F. 5 |
| 143 | *a b c t g m M o x ε Q ϒ n ν λ μ x B i* | - | - | - | - F. 6 |
| 144 | *a b c t g m M o u x s Π ξ ε Q ϒ ∫ W L n ν λ μ x U β B υ ϖ* | - | Luedecke | - | T. VII, F. 21 |
| 145 | *a c t g m M o x ξ ε T π n ν λ μ x β B* | - | Görgey u. Goldschmidt | 1910 | Seite 631, Taf. X, Fig. 18 |
| 146 | *a c σ t g m c M o x Π g ξ ι ε Q ϒ L n ν λ μ x β B* | - | - | - | - - - - 19 |
| 147 | *a t g m M r o x ξ ε T n ν β B* | - | - | - | - - |

## Norwegen.

| Nr. | Combination | Fundort | Autor | Jahr | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| 148 | *a c g m o x n* | Arendal | Mohs | 1824 | Min. S. 67 |
| 149 | *a b c g m M o* | - | Kayser | 1834 | - -Samml. S. 245 |
| 150 | *a b m M ε n* | - | Lévy | 1837 | Descript. T. XIV, F. 2 |
| 151 | *a c g m M ε n* | - | - | - | - F. 3 |
| 152 | *a b m M o ε n β* | - | - | - | - F. 4 |
| 153 | *a c g* | - | Presl | - | Min. T. XXVIII, F. 1130 |
| 154 | *a c g m* | - | - | - | - F. 1131 |
| 155 | *a c g m x* | - | - | - | - F. 1132 |
| 156 | *a c m o* | - | - | - | - F. 1133 |
| 157 | *a m M o* | - | - | - | - F. 1134 |
| 158 | *a c g x* | - | - | - | - F. 1137 |
| 159 | *a b c g m S M o u Q β B · · · · X J* | - | Dana | 1874 | Tscherm. min. Mitt. T. IX, F. 1 |
| 160 | *a b c g m S M o n β* | - | - | - | - F. 2 |
| 161 | *a b c g m M o u Q W B β U · · · R* | - | - | - | - F. 4 |
| 162 | *b m M o ε n* | - | - | - | - F. 6 |
| 163 | *a b c g m S M o β B H · · · · V* | - | - | - | - F. 7 |
| 164 | *a c g m M o u α Q n β* | - | Luedecke | 1888 | Z. Naturw. Halle T. IX, F. 27 |
| 165 | *a c g m M o u α Q n β* | - | - | - | - F. 29 |
| 166 | *a c m M o u ϑ n β B H* | - | - | - | - S. 334 |
| 167 | *a m M ε n λ x* | Utoen | - | - | - S. 388 |

**England.**

| Nr. | Combination | Fundort | Autor | Jahr | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| 168 | $actgmMux\xi\gamma\varepsilon Ln\nu\mu$ | Haytor | Phillips | 1827 | Phil. Mag. (1) S. 42, F. 1 |
| 169 | $actgmMux\xi\varepsilon Ln$ | - | - | - | - F. 2 |
| 170 | $actgmMoxn\nu$ | - | - | - | - F. 3 |
| 171 | $actgmMx\xi n\nu\mu$ | - | - | - | - F. 4 |
| 172 | $actgmMux\xi\varepsilon Ln\lambda$ | - | Hessenberg | 1862 | Senckb. Abh. 4, T. II, F. 20 |
| 173 | $acmux\varepsilon Ln\mu$ | - | Quenstedt | 1877 | Min. S. 423, Fig. |
| 174 | $acgmM\varepsilon n\mu x$ | Glen Farg | Greg u. Letts. | 1858 | - S. 230, Gesamtform |
| 175 | $agm\varepsilon n$ | Schottland | - | - | - |
| 176 | $amMn$ | Isle of May | - | - | - |
| 177 | $actgmMoux\varphi\varepsilon n\mu x$ | England | - | - | - F. 2 |
| 178 | $acgmMx\varepsilon n\beta$ | Schottland | Goodchild | 1903 | Tr.Geol.soc. Glasg. Sup. 16, |
| 179 | $acgmM\xi\varepsilon n\cdots$ —$\frac{5}{4}\frac{1}{2}$ [1]) | - | - | - | - [F. 1 |
| 180 | $acgmMvx\xi\alpha\Lambda\vartheta\varepsilon\dot{W}i$ | - | - | - | - |
| 181 | $agmMvx\varepsilon n\nu U\cdots f$ | - | - | - | - |
| 182 | $cgM\varepsilon n$ | - | - | - | - |

**Rußland.**

| Nr. | Combination | Fundort | Autor | Jahr | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| 183 | $a\varepsilon n$ | Karadagh | Popoff | 1902 | Bull. s. i. Moscou 16, S. 469 |
| 184 | $ctmM\varepsilon n\mu x$ | (Krim) | - | - | - F. |
| 185 | $bgmM\varepsilon n$ | - | Görgey u. | 1910 | Seite 622, T. VIII, F. 1 |
| 186 | $abgmM\varepsilon Qn\nu$ | - | Goldschmidt | - | - - |
| 187 | $c\sigma tgmx\varepsilon Qn\mu x$ | - | - | - | - - - F. 5 |
| 188 | $ctgmx\varepsilon n\mu x$ | - | - | - | - 623 - F. 2 |
| 189 | $hgmMl\varepsilon n$ | - | - | - | - - - F. 3 |
| 190 | $bcgtmM\varepsilon n\lambda\mu$ | - | - | - | - - |

**Amerika.**

| Nr. | Combination | Fundort | Autor | Jahr | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| 191 | $acgmMxsq\varepsilon n\lambda\mu$ | RoaringBrook | Dana | 1844 | Syst. S. 342, F. 3 |
| 192 | $acgmMxsq\varepsilon n\lambda\mu\beta$ | - | - | - | Am. Journ. 17, 215, F. 1 |
| 193 | $acgmMuxq\varepsilon n\lambda\Gamma$ | - | - | - | - F. 3 |
| 194 | $acgmMoux\xi q\varepsilon n\lambda B\Gamma$ | - | - | - | - F. 4 |
| 195 | $abgmMox\Sigma\xi\varepsilon n\nu\lambda\mu$ | Bergenhill | Hessenberg | 1862 | Senckb.Abh.4,T.II,F.21u.22 |
| 196 | $amM\varepsilon n\mu$ | - | Dana | 1872 | Am. Journ. (3) 4, T.I, F.1 |
| 197 | $acgmM\varepsilon n\mu$ | - | - | - | - F.2 |
| 198 | $agmM\xi\iota\varepsilon\lambda\mu xw$ | - | - | - | - F.3 |
| 199 | $aMx\varphi s\vartheta qnN\cdots\Psi$ | - | - | - | - F.4 |
| 200 | $agmM\varepsilon\alpha\lambda\mu$ | - | - | - | - F.5 |
| 201 | $acmMxs\psi\varepsilon n$ | - | - | - | - F.6 |
| 202 | $bgmMox\varepsilon n\nu\beta\dot{i}$ | - | - | - | - F.7 |
| 203 | $abctgmMrol uxsq\varepsilon Qn\nu\lambda\mu\beta D\pi$ | - | - | - | - (3), T.I, F.8 |
| 204 | $bgmMol\varepsilon Qn\nu N\cdots\cdots F$ | - | - | - | - F.9 |
| 205 | $c\Omega guvx$ | - | - | - | - F.10 |
| 206 | $actgmMxqn\cdots\eta$ | - | - | - | - F.11 |
| 207 | $atgmM\varepsilon\mu\cdots EF$ | - | - | - | - F.12 |

1) Ohne jede Angabe oder Messung; nur in die Figur eingetragen.

| Nr. | Combination | Fundort | Autor | Jahr | Bemerkuug |
|---|---|---|---|---|---|
| 208 | $agmMx\varphi\vartheta\varepsilon n\mu$ | Bergenhill | Dana | 1872 | Am. Journ. (3) T. I, F. 13 |
| 209 | $am\Delta Mx\varphi\vartheta\varepsilon n\cdots\Psi G$ | - | - | - | - F. 14 |
| 210 | $amM\varepsilon\mu\cdots G$ | - | - | - | - F. 15 |
| 211 | $mx\varepsilon\nu\mu\cdots K$ | - | - | - | - F. 16 |
| 212 | $mx\varepsilon n\mu\cdot G$ | - | - | - | - F. 17 |
| 213 | $amM\varepsilon n\mu$ | - | Luedecke | 1888 | Z. Naturw. Halle T. VI, F. 19 |
| 214 | $agm\Delta Moxs\psi\vartheta\varepsilon n$ | - | - | - | - T. VIII, F. 24 |
| 215 | $agm\Delta Moxs\psi\vartheta\varepsilon n\nu\lambda\mu\omega$ | - | - | - | - F. 25 |
| 216 | $agmMx\varphi s\psi\Sigma\vartheta\varepsilon n$ | - | - | - | - F. 31 |
| 217 | $abctgmMuxsq\varepsilon Qn\nu\lambda\mu\beta\pi$ | - | Dana | 1892 | Syst. S. 504, F. 10 |
| 218 | $abcgmMouvx\xi q\iota\varepsilon\alpha Qn\lambda\mu x\beta\pi$ | Deerfield | Emerson | 1883 | Am. Journ. (3) 24 |
| 219 | $acgmMoxsyq\varepsilon n\lambda\mu\beta B$ | - | - | - | - |
| 220 | $acgmMoux\xi q\varepsilon\alpha Qn\lambda\mu U\beta i\cdots CF$ | - | - | - | - |
| 221 | $abcgmMoxq\varepsilon\alpha Qn\lambda\mu U\beta Bi\pi\cdots R$ | - | - | - | - |
| 222 | $ac\Omega\sigma gmMous\Pi\xi\gamma\iota\varepsilon\alpha Qn\lambda\mu xU\beta B\cdots EFKG$ | - | - | - | - |
| 223 | $acgmMo\xi qn\lambda\mu$ | - | - | - | - |
| 224 | $abctgmMopuxq\varepsilon an\lambda\mu x\beta i\pi$ | Tarifville | Luedecke | 1888 | Z. Nat. Halle S. 389, Gesamtf. |
| 225 | $acgmM\varepsilon n$ | Dekalb (N.Y.) | Dana | 1892 | Syst. S. 503, F. 5 |
| 226 | $acgmMouux\xi\varepsilon QnU\beta$ | Loughboro (Ontario) | Pirsson | 1893 | Am. Journ. 45, S. 101 (Fig.) |
| 227 | $acgmM$ | Lake superior | Osann | 1895 | Diese Ztschr. T. X, F. 1 |
| 228 | $abcgmMn$ | - | - | - | - F. 2 |
| 229 | $abcgmMo\varepsilon n$ | - | - | - | - F. 3 |
| 230 | $abctgmMoxq\varepsilon n\lambda x\mathfrak{d}\mathfrak{d}$ | - | - | - | - F. 4 |
| 231 | $acgmMouux\varepsilon Qn\lambda U$ | - | - | - | - F. 5 |
| 232 | $acgmMoux\Lambda q\varepsilon Qn\lambda U\beta\Gamma$ | - | - | - | - F. 6 |
| 233 | $acgmu\varepsilon n$ | - | - | - | - F. 7 |
| 234 | $acgmMou\xi\varepsilon nU$ | - | - | - | - F. 8 |
| 235 | $acgmMoux\xi q\varepsilon nU\Gamma$ | - | - | - | - F. 9 |
| 236 | $acgux\Lambda\mathfrak{E}qnU\Gamma$ | - | - | - | - F. 10 |
| 237 | $acgmMo\varepsilon n\lambda$ | - | - | - | - F. 11 |
| 238 | $acgmMux\varepsilon QnU\beta\cdots\{\mathfrak{r}\}$ | - | - | - | - F. 12 |
| 239 | $amMo\xi q\varepsilon n\lambda\cdots\{\mathfrak{G}\}$ | - | - | - | - S. 551 |
| 240 | $acgmM\varepsilon n$ | - | - | - | - S. 551 |
| 241 | $atgmeMolx\varepsilon n\nu\mu x$ | Guanajuato | Farrington | 1898 | Am. Journ. S. 286, F. 1, 2 |
| 242 | $abtgmeMolx\varepsilon n\nu$ | - | - | - | - F. 3 |
| 243 | $atgmeMolx\Sigma\varepsilon n\nu\mu x$ | - | - | - | - F. 4 |
| 244 | $atgmMolx\Sigma\varepsilon n\lambda\mu$ | - | - | - | - F. 5 |
| 245 | $abgm\Delta Mxq\varepsilon n\mu\lambda N$ | WestPaterson (N. Y.) | Busz | 1901 | Centr. Min. S. 547, F. 1, 2 |
| 246 | $amM\varepsilon n$ | Ft. Point, S. Franzisco | Eakle | 1901 | Bull. Un. Cal. S. 347, T. IX, F. 1 |
| 247 | $acmM\varepsilon n$ | - | - | - | - F. 2 |
| 248 | $acmM\varepsilon n\lambda\mu\beta$ | - | - | - | - F. 3 |
| 249 | $agmMx\xi q\varepsilon n\nu\lambda\{\pi\}$ | - | - | - | - F. 4 |
| 250 | $abc\Omega tgmMo\upsilon x\varepsilon\alpha\varepsilon' Qqn\nu\lambda\mu x\beta i\mu'\cdots\lambda'$ | Westfield, Mass. | Whitlock | 1905 | New York State Mus. T. VII, F. 37, 39 |
| 251 | $abctgmMox\varepsilon Qn\nu\lambda\mu x\beta\{\varepsilon' n_y\mu'\cdots m_y m_z\}$ | - | Kraus u. Cook | 1907 | Diese Zeitschr. T. IV, F. 4 |
| 252 | $gmMrox\vartheta\varepsilon\alpha qn\nu\mathfrak{d}\lambda\beta i\pi$ | - | - | - | - F. 5 |

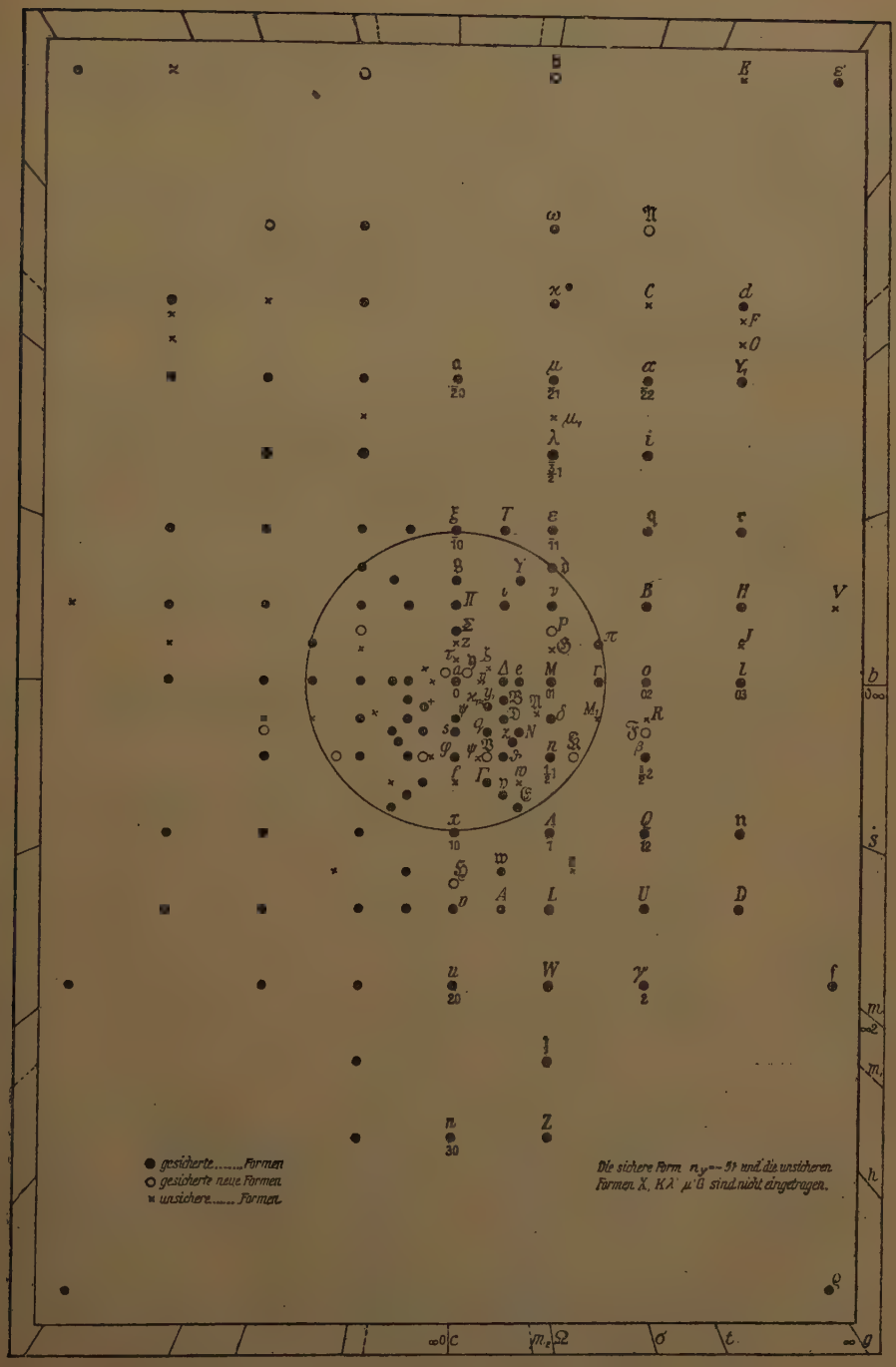
| Nr. | Combination | Fundort | Autor | Jahr | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| 253 | $bgmMoxQn\nu\beta\cdots\cdots my$ | Westf., Mass. | Kraus u. Cook | 1907 | Diese Ztschr. T. IV, F. 6 |
| 254 | $agmMox\varepsilon n\nu\mathfrak{d}\lambda\mu$ | - | - | - | - F. 7 |
| 255 | $actgmMx\xi\varepsilon n\nu\lambda\mu$ | - | - | - | - F. 8 |
| 256 | $abctgmMv x\varepsilon n\nu$ | - | - | - | - F. 9 |
| 257 | $ac\sigma tgmMx\Sigma\xi q\varepsilon\alpha Qn$ $P^*\mathfrak{d}\lambda\mu x\mathfrak{b}^*U\beta\mathfrak{N}^*\Gamma\mathfrak{y}^*$ | - | Görgey u. Goldschmidt | 1910 | Seite 625, T. IX, F. 10 |
| 258 | $actgmMroxq\varepsilon n\lambda\beta$ $\Gamma\pi\chi$ | - | - | - | - - - F. 11 |
| 259 | $actgmMox\Sigma\Pi\xi q\varepsilon Q$ $nP^*\mathfrak{d}\lambda\mu\beta\mathfrak{B}^*\Gamma\pi$ | - | - | - | - - |
| 260 | $actgmMoxq\varepsilon\alpha QnP^*$ $\mathfrak{d}\lambda\mu x\beta\Gamma\pi$ | - | - | - | - - T. VII, F. 6 |
| 261 | $actgmMrouvx\varepsilon Qn\nu$ $\mathfrak{d}\lambda\mu U\beta\mathfrak{R}^*\pi$ | - | - | - | - - T. IX, F. 13 |
| 262 | $abctgmMoxq\varepsilon Qn\lambda\mu$ $x\beta\Gamma$ | - | - | - | - - |
| 263 | $actgmMroux\varepsilon\alpha Q\mu n$ $P^*\lambda\mu xU\beta\mathfrak{F}^*\pi$ | - | - | - | - 626, T. VIII, F. 7 |
| 264 | $abctgmMrou\mathfrak{H}^*x\xi\varepsilon$ $QT\mathfrak{q}\mu P^*\mathfrak{d}\lambda\mu\beta\mathfrak{F}^*B\pi$ | - | - | - | - - T. VIII, F. 9, T. IX, F. 12 |
| 265 | $actgmMrou\mathfrak{H}^*x\varepsilon\alpha n$ $P^*\mathfrak{d}\lambda\mu xi\pi$ | - | - | - | - - |
| 266 | $actgmMouxq\varepsilon\alpha nP^*$ $\mathfrak{d}\lambda\mu i\mathfrak{B}^*N\Gamma\chi\mathfrak{y}^*$ | - | - | - | - - T. VIII, F. 8 |
| 267 | $actgmMoxq\varepsilon nP^*\mathfrak{d}\lambda$ $\mu x\beta\Gamma\pi$ | - | - | - | - - |
| 268 | $agmMux\varepsilon Qn\lambda$ | TamarakMine | - | - | - 629, T. X, F. 14 |
| 269 | $acgmM\varepsilon\alpha Qn\beta d$ | - | - | - | - 630 - F. 16 |
| 270 | $acgmMux\varepsilon Qn\lambda d$ | - | - | - | - - |
| 271 | $acgmM\varepsilon n\lambda d$ | - | - | - | - - |

## Asien und Australien.

| Nr. | Combination | Fundort | Autor | Jahr | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|---|
| 272 | $atgmMvx\varepsilon n\lambda B$ | Obira, Japan | Wada | 1904 | Min. Jap. S. 103, F. 43 |
| 273 | $actgmMoux\varepsilon n\nu\mathfrak{d}\lambda\mu x\omega B$ | - | - | - | - Gesamtform |
| 274 | $abctgmMux\varepsilon n\nu\lambda\mu$ | Yamaura - | - | 1906 | Beitr. Min. Jap. 2, S. 58, F. 1 |
| 275 | $actmMx\varepsilon n\lambda\mu xi\pi$ | Dundas, Tasm. | Anderson | 1905 | R. A. Mus. 6, T. XXXIII, F. 1, 2 |
| 276 | $actmMx\varepsilon n\lambda\mu\pi$ | - | - | - | - F. 34 |

## Ohne Fundortsangabe.

| Nr. | Combination | Autor | Jahr | Bemerkung |
|---|---|---|---|---|
| 277 | $agmMox\varepsilon n\beta i$ | Mohs | 1821 | Gilb. Ann. S. 401 (Fig.) |
| 278 | $acmMo$ | Hauy | 1822 | Min. T. XXXII, F. 29 |
| 279 | $ac\Omega tgmMuxB$ | Weiß | 1829 | Abh. Ak. Berlin S. 63 |
| 280 | $agm$ | Miller | 1852 | Min. S. 409 |
| 281 | $agmon$ | - | - | - |
| 282 | $acgmoxn$ | - | - | - F. 418 |
| 283 | $agmMon$ | - | - | - |
| 284 | $agmMx\varepsilon n$ | - | - | - F. 419 |
| 285 | $abgmMox\varepsilon n\beta i$ | - | - | - |
| 286 | $ctgMox\gamma\omega\varepsilon\cdots f$ | - | - | - |
| 287 | $agmMrox\varepsilon\alpha n\mu xU\beta\pi$ | - | - | - |
| 288 | $acgmo$ | Lacroix | 1893 | Min. Franc. 1, S. 75, F. 1 |


gesicherte..... Formen
gesicherte neue Formen
unsichere..... Formen
Die sichere Form n, y — 5, und die unsicheren Formen X, K, λ, μ, Ω sind nicht eingetragen.

## Formenhäufigkeit und Flächengröße.

Aus der gegebenen Combinationstabelle läßt sich eine Statistik der Formen nach ihrer Häufigkeit, aus den publicierten Krystallbildern[1]) auch eine solche der Flächengrößen zusammenstellen.

Bezüglich Formenhäufigkeit ist zu bemerken, daß das Verhältnis der Zahlen der wichtigen Formen gegenüber den seltenen, wie es aus den Combinationen resultiert, ein etwas einseitiges zugunsten der seltenen Formen ist, da aus der großen Zahl der Krystalle vornehmlich solche ausgesucht und beschrieben werden, welche eine besonders seltene und bemerkenswerte Combination bieten.

Bei der Abschätzung der Flächengröße ist viel Vorsicht geboten. Die meisten Krystallbilder sind idealisiert und die kleinen Flächen weit größer eingezeichnet, als sie sind, um sie besser zur Anschauung zu bringen. Auch steht es dem subjectiven Ermessen anheim, eine Fläche als groß, mittel oder klein zu bezeichnen.

Immerhin wird durch diese Schwierigkeit und Ungenauigkeit das Gesamtresultat, auf welches es ankommt, nur unwesentlich beeinflußt und es ist der Schluß aus den Vergleichszahlen auf die relative Wichtigkeit der einzelnen Formen (ihre Rangordnung) berechtigt.

Infolge des ungeheuren Materiales und der mehrfach erwähnten Unzulänglichkeiten machen die gegebenen Zahlen keineswegs Anspruch auf absolute Genauigkeit.

Unter die sicheren Formen des Datoliths wurden neu aufgenommen:

| Buchstabe: | $\mathfrak{H}^*$ | $\varepsilon'$ | $\pi$ | $\mathfrak{q}$ | $P^*$ | $\mathfrak{b}^*$ | $n_y$ | $Y_1$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $+\frac{1}{3}0$ | $-4$ | $+13$ | $-12$ | $-\frac{1}{3}1$ | $-41$ | $-51$ | $-23$ |
| Miller: | 403 | $\bar{1}41$ | 131 | $\bar{1}21$ | $\bar{1}33$ | $\bar{1}11$ | $\bar{5}11$ | $\bar{2}31$ |

| Buchstabe: | $\mathfrak{F}^*$ | $\mathfrak{N}^*$ | $\mathfrak{B}^*$ | $\mathfrak{K}^*$ | $d$ | $J_1$ | $\mathfrak{y}^*$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Symbol: | $+\frac{1}{3}2$ | $-32$ | $+\frac{1}{2}\frac{1}{3}$ | $+\frac{1}{2}\frac{5}{4}$ | $-\frac{5}{2}3$ | $+\frac{1}{6}\frac{1}{4}$ | $-\frac{1}{18}\frac{1}{9}$ |
| Miller: | 163 | $\bar{3}21$ | 326 | 254 | $\bar{5}62$ | 126 | $\bar{1}.2.18.$ |

1) Die Bilder wurden dem in Vorbereitung befindlichen Atlas der Krystallformen entnommen, für den die Figuren bereits im wesentlichen vollzählig gesammelt sind.

Anm. Es ist noch eine kleine Notiz über Datolith zu besprechen: F. Graeff (N. Jahrb. f. Min. usw. 1895, **1**, 278 (Ausz. diese Zeitschr. **28**, 618) beschreibt ein Datolithvorkommen vom Fuchsköpfle bei Freiburg mit der einfachen Combination: $cgmq\varepsilon n\lambda$.

Die nach Abschluß der vorliegenden Arbeit erschienenen einschlägigen Publicationen werden in einer geplanten späteren Skizze über Datolith besprochen werden.

## Verzeichnis der sicheren Formen.

| Nr. | Buchstabe | Symbol Gdt. | Symbol Miller | Autor | Jahr | Zahl der Beob. | groß | mittel | klein |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $a$ | 0 | 001 | Hausmann | 1806 | 255 | 112 | 60 | 14 |
| 2 | $b$ | $0\infty$ | 010 | » | » | 63 | 1 | 24 | 26 |
| 3 | $c$ | $\infty 0$ | 100 | » | » | 200 | 72 | 64 | 26 |
| 4 | $\Omega$ | $4\infty$ | 410 | Dana | 1872 | 4 | . | 1 | . |
| 5 | $\sigma$ | $2\infty$ | 210 | Dauber | 1858 | 8 | . | . | 5 |
| 6 | $t$ | $\frac{3}{2}\infty$ | 320 | Hausmann | 1806 | 79 | 11 | 34 | 17 |
| 7 | $g$ | $\infty$ | 110 | » | » | 244 | 101 | 64 | 25 |
| 8 | $h$ | $\infty\frac{4}{3}$ | 340 | » | 1847 | 1 | . | . | 1 |
| 9 | $m$ | $\infty 2$ | 120 | » | 1806 | 272 | 154 | 51 | 5 |
| 10 | $S$ | $\infty 4$ | 140 | » | 1810 | 5 | . | 1 | 2 |
| 11 | $\Delta$ | $0\frac{1}{2}$ | 012 | Dana | 1872 | 5 | . | 3 | 2 |
| 12 | $e$ | $0\frac{2}{3}$ | 023 | Greg und Lettsom | 1858 | 4 | . | . | 4 |
| 13 | $M$ | 01 | 011 | Hausmann | 1810 | 258 | 101 | 71 | 19 |
| 14 | $r$ | $0\frac{3}{2}$ | 032 | Mohs | 1824 | 12 | . | 3 | 9 |
| 15 | $o$ | 02 | 021 | Hausmann | 1810 | 134 | 17 | 26 | 31 |
| 16 | $l$ | 03 | 031 | Dana | 1872 | 7 | . | . | 7 |
| 17 | $p$ | $+30$ | 301 | Hausmann | 1810 | 1 | . | . | . |
| 18 | $u$ | $+20$ | 201 | » | » | 61 | 5 | 21 | 28 |
| 19 | $v$ | $+\frac{3}{2}0$ | 302 | Miller | 1852 | 8 | . | 5 | 2 |
| 20 | $\mathfrak{H}^*$ | $+\frac{4}{3}0$ | 403 | Görgey u. Goldschm. | 1910 | 2 | . | 1 | . |
| 21 | $x$ | $+10$ | 101 | Hausmann | 1810 | 175 | 72 | 49 | 16 |
| 22 | $\varphi$ | $+\frac{1}{2}0$ | 102 | Miller | 1852 | 6 | . | 1 | 4 |
| 23 | $s$ | $+\frac{1}{3}0$ | 103 | » | » | 18 | . | 4 | 10 |
| 24 | $\psi$ | $+\frac{1}{4}0$ | 104 | Dauber | 1856 | 6 | . | 2 | 2 |
| 25 | $\Sigma$ | $-\frac{1}{3}0$ | $\bar{1}03$ | Hessenberg | 1862 | 7 | . | . | 6 |
| 26 | $\Pi$ | $-\frac{1}{2}0$ | $\bar{1}02$ | Dana | 1874 | 8 | . | 1 | 5 |
| 27 | $\mathfrak{z}$ | $-\frac{2}{3}0$ | $\bar{2}03$ | Brugnatelli | 1887 | 2 | . | . | 2 |
| 28 | $\xi$ | $-10$ | $\bar{1}01$ | Quenstedt | 1835 | 57 | . | 20 | 23 |
| 29 | $\alpha$ | $-20$ | $\bar{2}01$ | Luedecke | 1884 | 6 | . | 2 | 2 |
| 30 | $\varrho$ | $+4$ | 441 | » | 1888 | 2 | . | . | 1 |
| 31 | $\gamma$ | $+2$ | 221 | Miller | 1852 | 11 | . | . | 6 |
| 32 | $\Lambda$ | $+1$ | 111 | Brugnatelli | 1887 | 6 | . | 1 | 5 |
| 33 | $\mathfrak{E}$ | $+\frac{4}{5}$ | 445 | Osann | 1895 | 1 | . | . | 1 |
| 34 | $\vartheta$ | $+\frac{1}{2}$ | 112 | Dana | 1872 | 12 | . | . | 11 |
| 35 | $q$ | $+\frac{1}{3}$ | 113 | Dauber | 1856 | 48 | 1 | 11 | 23 |
| 36 | $\iota$ | $-\frac{1}{2}$ | $\bar{1}12$ | Phillips | 1823 | 9 | . | . | 4 |
| 37 | $Y$ | $-\frac{2}{3}$ | $\bar{2}23$ | » | » | 1 | . | . | 1 |
| 38 | $\varepsilon$ | $-1$ | $\bar{1}11$ | Mohs | 1824 | 236 | 117 | 53 | 12 |
| 39 | $\alpha$ | $-2$ | $\bar{2}21$ | » | » | 44 | 1 | 15 | 11 |
| 40 | $\varepsilon'$ | $-4$ | $-441$ | Whitlock | 1905 | 2 | . | . | 1 |
| 41 | $Q$ | $+12$ | 121 | Kayser | 1834 | 57 | 1 | 22 | 24 |
| 42 | $n$ | $+13$ | 131 | Luedecke | 1888 | 3 | . | . | 2 |

| Nr. | Buchstabe | Symbol Gdt. | Symbol Miller | Autor | Jahr | Zahl der Beob. | groß | mittel | klein |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 43 | $T$ | $-1\frac{1}{2}$ | $\bar{2}12$ | Dana | 1874 | 4 | . | . | 3 |
| 44 | $q$ | $-1\,2$ | $\bar{1}21$ | Whitlock | 1905 | 3 | . | 1 | 2 |
| 45 | $r$ | $-1\,3$ | $\bar{1}31$ | Brugnatelli | 1887 | 5 | . | . | 4 |
| 46 | $Z$ | $+3\,1$ | $3\bar{1}1$ | Des Cloizeaux | 1862 | 3 | . | . | 1 |
| 47 | $f$ | $+\frac{5}{2}\,1$ | $5\bar{2}2$ | Brugnatelli | 1887 | 2 | . | . | 1 |
| 48 | $W$ | $+2\,1$ | $2\bar{1}1$ | Miller | 1852 | 4 | . | 1 | 2 |
| 49 | $L$ | $+\frac{3}{2}\,1$ | $3\bar{2}2$ | Dana | 1874 | 17 | . | 6 | 8 |
| 50 | $n$ | $+\frac{1}{2}\,1$ | $1\bar{2}2$ | Hausmann | 1810 | 248 | 96 | 82 | 18 |
| 51 | $\delta$ | $+\frac{1}{4}\,1$ | $1\bar{4}4$ | Weiß | 1829 | 23 | . | 1 | 17 |
| 52 | $P^*$ | $-\frac{1}{3}\,1$ | $\bar{7}33$ | Görgey u. Goldschm. | 1910 | 8 | . | 2 | 6 |
| 53 | $\nu$ | $-\frac{1}{2}\,1$ | $\bar{1}22$ | Mohs | 1824 | 47 | 15 | 15 | 15 |
| 54 | $\mathfrak{d}$ | $-\frac{1}{4}\,1$ | $\bar{3}44$ | Quenstedt | 1835 | 12 | . | 7 | 4 |
| 55 | $\lambda$ | $-\frac{3}{2}\,1$ | $\bar{3}22$ | » | » | 121 | 7 | 47 | 38 |
| 56 | $\mu$ | $-2\,1$ | $\bar{2}11$ | Mohs | 1824 | 106 | 3 | 33 | 42 |
| 57 | $x$ | $-\frac{5}{2}\,1$ | $\bar{5}22$ | » | » | 52 | 1 | 14 | 20 |
| 58 | $\omega$ | $-3\,1$ | $\bar{3}11$ | Dana | 1872 | 8 | . | 2 | 3 |
| 59 | $\mathfrak{h}^*$ | $-4\,1$ | $\bar{4}11$ | Görgey u. Goldschm. | 1910 | 1 | . | . | 1 |
| 60 | $n_y$ | $-5\,1$ | $\bar{5}11$ | Kraus u. Cook | 1907 | 1 | . | . | . |
| 61 | $f$ | $+2\,4$ | $2\,4\,1$ | Miller | 1852 | 2 | . | . | . |
| 62 | $Y_1$ | $-2\,3$ | $\bar{2}31$ | Ungemach | 1909 | 2 | . | . | 1 |
| 63 | $U$ | $+\frac{3}{2}\,2$ | $3\,4\,2$ | Kayser | 1834 | 30 | 3 | 4 | 16 |
| 64 | $\beta$ | $+\frac{1}{4}\,2$ | $1\,4\,2$ | Hausmann | 1810 | 93 | 6 | 32 | 42 |
| 65 | $\mathfrak{F}^*$ | $+\frac{1}{3}\,2$ | $1\,6\,3$ | Görgey u. Goldschm. | 1910 | 2 | . | . | 2 |
| 66 | $B$ | $-\frac{1}{2}\,2$ | $7\,4\,2$ | Hausmann | 1810 | 22 | . | 4 | 11 |
| 67 | $i$ | $-\frac{3}{2}\,2$ | $\bar{3}\,4\,2$ | Mohs | 1824 | 18 | . | 1 | 8 |
| 68 | $\mathfrak{M}^*$ | $-3\,2$ | $\bar{3}\,2\,1$ | Görgey u. Goldschm. | 1910 | 1 | . | . | 1 |
| 69 | $\mathfrak{B}^*$ | $+\frac{1}{2}\,\frac{1}{3}$ | $3\,2\,6$ | » » | » | 2 | . | . | 2 |
| 70 | $\mathfrak{R}^*$ | $+\frac{1}{2}\,\frac{5}{4}$ | $2\,5\,4$ | » » | » | 1 | . | . | 1 |
| 71 | $H$ | $-\frac{1}{2}\,3$ | $7\,6\,2$ | Dana | 1874 | 3 | . | . | 2 |
| 72 | $\mathfrak{d}$ | $+\frac{3}{4}\,\frac{1}{2}$ | $3\,2\,4$ | Brugnatelli | 1887 | 4 | . | . | 4 |
| 73 | $\mathfrak{w}$ | $+\frac{5}{4}\,\frac{1}{2}$ | $5\,2\,4$ | » | » | 3 | . | . | 3 |
| 74 | $A$ | $+\frac{3}{2}\,\frac{1}{2}$ | $3\,1\,2$ | Des Cloizeaux | 1862 | 2 | . | 1 | 1 |
| 75 | $\mathfrak{D}$ | $+\frac{1}{4}\,\frac{1}{2}$ | $1\,2\,4$ | Osann | 1895 | 3 | . | . | 3 |
| 76 | $\mathfrak{B}$ | $+\frac{1}{6}\,\frac{1}{2}$ | $1\,4\,8$ | Schulze | 1886 | 3 | . | . | 3 |
| 77 | $D$ | $+\frac{3}{2}\,3$ | $3\,6\,2$ | Dana | 1872 | 3 | . | . | 2 |
| 78 | $d$ | $-\frac{5}{2}\,3$ | $5\,6\,2$ | Ungemach | 1909 | 6 | . | . | 3 |
| 79 | $N$ | $+\frac{1}{3}\,\frac{2}{1}$ | $1\,2\,3$ | Dana | 1872 | 7 | . | . | 5 |
| 80 | $\Gamma$ | $+\frac{3}{2}\,\frac{1}{3}$ | $2\,1\,3$ | » | » | 13 | . | 7 | 6 |
| 81 | $J_1$ | $+\frac{1}{6}\,\frac{1}{3}$ | $1\,2\,6$ | Ungemach | 1909 | 2 | . | . | 2 |
| 82 | $\pi$ | $-\frac{1}{2}\,\frac{3}{2}$ | $\bar{1}6\,4$ | Mohs | 1824 | 19 | . | 4 | 8 |
| 83 | $\chi$ | $+\frac{2}{5}\,\frac{3}{5}$ | $2\,3\,5$ | Dauber | 1856 | 4 | . | . | 2 |
| 84 | $\mathfrak{y}^*$ | $-\frac{1}{18}\,\frac{1}{9}$ | 1.2.18 | Görgey u. Goldschm. | 1910 | 2 | . | . | 2 |

## Verzeichnis der unsicheren Formen.

| Nr. | Buchstabe | Symbol Gdt. | Symbol Miller | Autor | Jahr | Zahl der Beob. | groß | mittel | klein |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $m_z$ | $5\infty$ | 510 | Kraus u. Cook | 1907 | 1 | . | 1 | . |
| 2 | $m_y$ | $\infty 1\frac{2}{7}$ | 7.12.0 | » » | » | 1 | . | . | 1 |
| 3 | $\eta$ | $+0\frac{1}{4}$ | 014 | Dana | 1872 | 1 | . | 1 | . |
| 4 | $f$ | $+\frac{2}{3}0$ | 203 | Miller | 1852 | 1 | . | . | . |
| 5 | $\tau$ | $-\frac{1}{7}0$ | $\bar{1}07$ | Osann | 1895 | 1 | . | . | 1 |
| 6 | $\varkappa$ | $-\frac{1}{4}0$ | $\bar{1}04$ | Schröder | 1855 | 2 | . | . | 1 |
| 7 | $w$ | $\frac{2}{3}$ | 223 | Miller | 1852 | 1 | . | . | 1 |
| 8 | $e$ | $-\frac{5}{4}$ | $\bar{5}54$ | Luedecke | 1888 | 2 | . | . | 2 |
| 9 | $\mu_1$ | $-\frac{7}{4}1$ | $\bar{7}44$ | Slavík u. Fišer | 1903 | 1 | . | . | 1 |
| 10 | $\mathfrak{G}$ | $-\frac{3}{14}1$ | $\bar{3}.14.14$ | Osann | 1895 | 1 | . | . | . |
| 11 | $X$ | $-26$ | $\bar{2}61$ | Dana | 1874 | 1 | . | . | 1 |
| 12 | $R$ | $+\frac{1}{4}2$ | 184 | » | » | 3 | . | . | 1 |
| 13 | $C$ | $-\frac{5}{2}2$ | $\bar{5}42$ | Emerson | 1882 | 1 | . | . | . |
| 14 | $\Psi$ | $-\frac{1}{2}\frac{1}{4}$ | 214 | Dana | 1874 | 2 | . | . | 2 |
| 15 | $V$ | $-\frac{1}{2}4$ | $\bar{1}84$ | » | » | 1 | . | . | 1 |
| 16 | $M_1$ | $+\frac{1}{2}\frac{3}{2}$ | 164 | Ungemach | 1909 | 2 | . | . | 1 |
| 17 | $J$ | $-\frac{1}{2}3$ | $\bar{1}.12.4$ | Dana | 1874 | 1 | . | . | 1 |
| 18 | $O$ | $-\frac{2}{3}3$ | $\bar{2}.12.4$ | Lehmann | 1881 | 1 | . | . | 1 |
| 19 | $F$ | $-\frac{1}{5}23$ | $\bar{1}2.15.5$ | Dana | 1872 | 4 | . | . | 1 |
| 20 | $E$ | $-43$ | $\bar{4}31$ | » | » | 3 | . | . | 2 |
| 21 | $\zeta$ | $-\frac{1}{12}\frac{1}{3}$ | $\bar{1}.4.12$ | Des Cloizeaux (?) | 1882 | 1 | . | . | . |
| 22 | $K$ | $-45$ | $\bar{4}51$ | Dana | 1872 | 2 | . | . | 1 |
| 23 | $\lambda'$ | $-\frac{2}{3}4$ | $\bar{2}84$ | Whitlock | 1905 | 1 | . | . | 1 |
| 24 | $\mu'$ | $-54$ | $\bar{5}41$ | » | » | 2 | . | . | 1 |
| 25 | $x_1$ | $\frac{1}{7}\frac{2}{7}$ | 127 | Dürrfeld | 1909 | 1 | . | . | 1 |
| 26 | $\mathfrak{A}$ | $+\frac{3}{14}\frac{6}{7}$ | 3.12.14 | Schulze | 1886 | 4 | . | . | 2 |
| 27 | $G$ | $-89$ | $\bar{8}91$ | Dana | 1872 | 4 | . | 2 | 1 |

(Hierher die Winkeltabelle auf S. 654 oben.)

## Rangordnung.

Aus der Häufigkeitstabelle ergibt sich eine Rangordnung der Formen, die im folgenden in Procenten bezogen auf die Zahl der eingetragenen (289) Combinationen zum Ausdruck gebracht ist. Alle Formen, die weniger als zehnmal beobachtet wurden, die also eine ganz untergeordnete Rolle spielen und auf die Formenentwickelung höchstens einen localen Einfluß nehmen, sind der Übersichtlichkeit halber weggelassen. Die übrigen, wichtigsten Formen sind in vier Gruppen: I. häufigste (bis 60 %), II. weniger häufige (bis 20 %), III. seltenere (bis 10 %) und IV. seltene geordnet.

## Winkeltabelle

der in Goldschmidt's W.-T. noch nicht aufgenommenen sicheren Formen.

| Nr. | Buchstabe | Symbol | Miller | $\varphi$ | $\varrho$ | $\xi_0$ | $\eta_0$ | $\xi$ | $\eta$ | $x'$ (Prismen) $(x:y)$ | $y'$ | $d'$ $= \mathrm{tg}\,\varrho$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | $\mathfrak{H}^*$ | $+\frac{4}{3}0$ | 403 | 90° 0′ | 53°15′ | 53°15′ | 0° 0′ | 53°15′ | 0° 0′ | 1,3393 | 0 | 1,3393 |
| 2 | $\varepsilon'$ | $-4$ | $\bar{4}41$ | $\bar{5}7$ 39 | 78 6 | $\bar{7}5$ 59· | 68 29· | $\bar{5}5$ 45· | 31 34· | $\bar{4}$,0074 | 2,5380 | 4,7435· |
| 3 | $n$ | $+13$ | 131 | 27 50 | 65 5 | 45 8· | 62 17 | 25 3 | 53 19 | 1,0051 | 1,9035 | 2,1525 |
| 4 | $q$ | $-12$ | $\bar{1}21$ | $\bar{3}8$ 14 | 58 14· | $\bar{4}5$ 0 | 51 45· | $\bar{3}1$ 45 | 41 54· | $\bar{0}$,9999 | 1,2690 | 1,6156· |
| 5 | $P^*$ | $-\frac{1}{3}1$ | $\bar{1}33$ | $\bar{2}7$ 35· | 35 36 | $\bar{1}8$ 21 | 32 23· | $\bar{1}5$ 38· | 31 3· | $\bar{0}$,3316 | 0,6345 | 0,7160 |
| 6 | $\mathfrak{b}^*$ | $-41$ | $\bar{4}11$ | $\bar{8}1$ 0 | 76 9· | $\bar{7}5$ 59· | » | $\bar{7}3$ 32· | 8 44 | $\bar{4}$,0074 | » | 4,0573 |
| 7 | $n_y$ | $-51$ | $\bar{5}11$ | $\bar{8}2$ 46 | 78 47 | $\bar{7}8$ 42 | » | $\bar{7}6$ 42· | 7 4· | $\bar{5}$,0099 | » | 5,0499 |
| 8 | $Y_1$ | $-23$ | $\bar{2}31$ | $\bar{4}6$ 27 | 70 6 | $\bar{6}3$ 27· | 62 17 | $\bar{4}2$ 57· | 40 23 | $\bar{2}$,0024 | 1,9035 | 2,7628 |
| 9 | $\mathfrak{F}^*$ | $+\frac{1}{3}2$ | 163 | 14 51· | 52 42· | 18 36· | 51 45· | 11 46· | 50 15· | 0,3368 | 1,2690 | 1,3129· |
| 10 | $\mathfrak{N}^*$ | $-32$ | $\bar{3}21$ | $\bar{6}7$ 6· | 72 57· | $\bar{7}1$ 35· | » | $\bar{6}1$ 44 | 21 50 | $\bar{3}$,0099 | » | 3,2619 |
| 11 | $\mathfrak{B}^*$ | $+\frac{1}{2}\frac{1}{3}$ | 326 | 67 13· | 28 39· | 26 44· | 11 56· | 26 14· | 10 42 | 0,5038· | 0,2115 | 0,5464· |
| 12 | $\mathfrak{K}^*$ | $+\frac{1}{2}\frac{5}{4}$ | 254 | 32 25· | 43 13· | » | 38 25 | 21 32· | 35 19 | » | 0,7931 | 0,9897 |
| 13 | $d$ | $-\frac{5}{3}3$ | $\bar{5}62$ | $\bar{5}2$ 45· | 72 22· | $\bar{6}8$ 13· | 62 17 | $\bar{4}9$ 20· | 35 13· | $\bar{2}$,5036· | 1,9035 | 3,1451 |
| 14 | $J_1$ | $+\frac{1}{6}\frac{1}{3}$ | 126 | 38 44· | 15 10· | 9 38 | 11 56· | 9 25· | 11 47 | 0,1697 | 0,2115 | 0,2742 |
| 15 | $\mathfrak{y}^*$ | $-\frac{1}{18}\frac{1}{9}$ | 1.2.18 | $\bar{3}7$ 3 | 5 3 | $\bar{3}$ 3 | 4 2 | $\bar{3}$ 2· | 4 1· | $\bar{0}$,0532· | 0,0705 | 0,0883· |

I. Häufigste Formen:

| $m$ | $M$ | $a$ | $n$ | $g$ | $\varepsilon$ | $c$ | $x$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 94 | 90 | 89 | 86 | 85 | 82 | 66 | 61 |

II. Weniger häufige Formen:

| $o$ | $\lambda$ | $\mu$ | $\beta$ | $t$ | $b$ | $u$ | $\xi$ | $Q$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 46 | 42 | 37 | 32 | 28 | 22 | 21 | 20 | 20 |

III. Seltenere Formen:

| $\varkappa$ | $q$ | $\nu$ | $\alpha$ | $U$ |
|---|---|---|---|---|
| 18 | 16 | 16 | 15 | 10 |

IV. Seltene Formen:

| $\delta$ | $B$ | $\pi$ | $s$ | $i$ | $L$ | $\Gamma$ | $r$ | $\vartheta$ | $\mathfrak{b}$ | $\gamma$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8 | 8 | 7 | 7 | 6 | 5 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 |

Um bei der Größenstatistik vergleichbare Zahlen zu erhalten, wurde folgendes Verfahren eingeschlagen: Die großen Flächen wurden mit dreifachem Gewicht eingeführt, die mittleren mit doppeltem, die kleinen mit einfachem. So wurde für jede Form eine Größenzahl gebildet.

Z. B. Form $o$: 17 große, 26 mittlere, 31 kleine Flächen: $51 + 52 + 31 = 134$ (Größenzahl).

Diese Größenzahl wurde auf die Maximalzahl der Größen ($m = 569$) bezogen und in % ausgedrückt.

Teilen wir nun wieder in vier Gruppen ein: I. bis 50%, II. bis 10%, III. bis 5% und IV. bis 1%, so resultiert folgende Rangordnung nach der Größe:

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I. Buchstabe: | $m$ | $a$ | $n$ | $\varepsilon$ | $M$ | $g$ | $e$ | $x$ | | |
| Größenzahl: | 569 | 470 | 470 | 469 | 464 | 456 | 370 | 330 | | |
| %: | 100 | 82 | 82 | 82 | 81 | 80 | 65 | 58 | | |
| II. Buchstabe: | $\lambda$ | $o$ | $\beta$ | $t$ | $\mu$ | $\nu$ | $u$ | $b$ | $Q$ | $\xi$ |
| Größenzahl: | 153 | 134 | 124 | 119 | 117 | 90 | 85 | 77 | 71 | 63 |
| %: | 27 | 23 | 22 | 21 | 20 | 16 | 15 | 13 | 12 | 11 |
| III. Buchstabe: | $\varkappa$ | $q$ | $\alpha$ | $U$ | | | | | | |
| Größenzahl: | 52 | 48 | 44 | 33 | | | | | | |
| %: | 9 | 8 | 7 | 6 | | | | | | |
| IV. Buchstabe: | $L$ | $\Gamma$ | $B$ | $\delta$ | $s$ | $\mathfrak{b}$ | $\pi$ | $r$ | $\vartheta$ | $i$ | $\gamma$ |
| Größenzahl: | 20 | 20 | 19 | 19 | 18 | 18 | 16 | 15 | 11 | 10 | 6 |
| %: | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 3 | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 |

Es zeigt sich, daß die Gruppe der größten von denselben Formen gebildet werden, wie die Gruppen der häufigsten (nur $\nu$ macht eine Ausnahme). Diese unter sich sind dem Range nach hin und wieder verstellt.

Dies ist ein Resultat, das auch bei anderen Krystallarten gewonnen wurde und das bei den Krystallen sich als allgemein zutreffend herausstellen dürfte.

Heidelberg, im Juli 1910.

# XXXIX. Auszüge.

**1. V. Rosický** (in Prag): **Krystallographische Notizen** (Bulletin international de l'Académie des Sciences de Bohème 1908, 13, 30 S. mit einer Tafel).

1. Adamin von Thasos: Diese Localität ist für den Adamin neu. Bis jetzt war dieses Mineral bekannt von Chañarcillo in Chile, Cap Garonne (Dép. du Var), Laurion, und erwähnt wurde auch Japan als sein Fundort. Das vom Verf. untersuchte Material stammte von der Insel Thasos und bestand aus Handstücken einer braungelben, stellenweise fleischroten bis braunroten Substanz, die *As, Pb, Zn, Fe* und etwas *Ca* enthält; in ihren Hohlräumen sitzen zahlreiche, meistens dicht miteinander verwachsene Adaminkrystalle. Dieselben erreichten selten über 1 mm Länge (solche Individuen waren immer unvollkommen ausgebildet und zum Messen ungeeignet), sie waren farblos, gelblich, gelblichrosafarbig, grünlich und von zweierlei Typus: einem nach der *b*-Axe gestreckten mit vorwaltendem Makrodoma (101) oder einem anderen kurzprismatischen, wo (110) und (101) im Gleichgewicht waren. Wie die Adaminkrystalle anderer Localitäten, so zeigen auch die von Thasos manche Störungen in ihrem Baue, es erscheinen viele Vicinalen und Krümmungen, namentlich an den in Drusen verwachsenen Krystallen; es handelt sich sicher um influencierte Flächenbildung. Insgesamt wurden folgende Formen an 13 gemessenen Krystallen gefunden: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $r\{110\}$, $m\{210\}$, $t\{120\}$, $d\{101\}$, $*e\{205\}$, $*f\{103\}$, $l\{011\}$, $*p\{123\}$.

Die neuen Formen *e*, *f*, *p* wurden nur vereinzelt als schmale, teilweise gut spiegelnde Flächen vorgefunden. Für dieselben gelten folgende Messungen:

| | Gemessen: | Berechnet: | Zahl der Kanten: |
|---|---|---|---|
| (101) : (103) | = 22°20′ | 22°17⅔′ | 5 |
| : (205) | = 19 43 | 19 43 | 1 |
| (210) : (123) | = 68 40 | 68 4⅓ | 1 |
| (101) : (123) | = 53 10 | 53 40 | 1 |

Die berechneten Werte beziehen sich auf das vom Verf. gefundene Axenverhältnis: $a : b : c = 0{,}976427 : 1 : 0{,}704869$.

Die optische Untersuchung wurde an zwei Platten durchgeführt, die parallel zu (100) und (010) geschnitten wurden. Es wurden an ihnen die scheinbaren Axenwinkel gemessen (in Thoulet'scher Lösung mit $n = 1{,}7344$, Natriumlicht): $2\,Th_a = 82°37'$, $2\,Th_o = 96°36'$, daraus $2V = 82°57\frac{2}{3}'$, $\beta = 1{,}728$, $b = \mathfrak{c}$, $a = \mathfrak{a}$, der Charakter ist +. Spec. Gewicht (im Pyknometer) = 4,484. Die Analyse des Prof. Němeček in Prag gab:

| | Gefunden: | | Berechnet: |
|---|---|---|---|
| $As_2O_5$ | 39,80 | | 40,10 |
| $ZnO$ | 56,98 | | 56,76 |
| $H_2O$ | 3,22 | (Differenz) | 3,14 |
| $FeO$ | Spuren | | — |
| | 100,00 | | 100,00 |

Es wurde öfters die Ursache des gestörten Krystallbaues der Adaminkrystalle in den isomorphen Kobalt- resp. Kupferbeimischungen gesucht. Der Adamin von Thasos jedoch ist frei von ihnen und trotzdem sind seine Krystalle von recht gestörter Entwickelung. Dieselbe hat also ihren Grund nicht in der Zusammensetzung.

Der die Adaminkrystalle begleitende Baryt bildet nach der Basis (001) dünntafelige Krystalle mit den Formen: $c\{001\}$, $o\{011\}$, $u\{101\}$, $d\{102\}$, $l\{104\}$ (bezogen auf die Position Haüy-Miller).

2. Barytocölestin von Imfeld im Binnentale. Die krystallographische Untersuchung über dieses Mineral stammt von Neminar, der zum Resultate kommt, daß die Winkelgrößen am Barytocölestin nicht zwischen den entsprechenden Werten der Grenzglieder — Baryt und Cölestin —, sondern außerhalb dieser Grenzen liegen. Alle späteren Autoren konnten immer nur Baryt, jedoch keinen Barytocölestin an der obengenannten Localität sicherstellen, obschon sie zugeben, daß dieses Mineral im Binnentale auch vorkommen könnte. Bedenken gegen die Richtigkeit der Neminar'schen Untersuchung erhoben Goldschmidt und Vrba; der Verf. revidierte also die ganze Arbeit von Neminar, indem er alle seine Berechnungen umrechnete und constatierte, daß alle die merkwürdigen Ergebnisse der Neminar'schen Untersuchung auf Rechnungsfehlern im Axenverhältnisse, sowie auch in den Winkelgrößen beruhen. Ebenso sind die Projection und die Figur bei Neminar unrichtig gezeichnet. Nach der Berichtigung der Rechnungen zeigt sich, daß Neminar einen typischen Barytkrystall gemessen hatte. Seiner Angabe über den $Sr$-Gehalt muß man daher kein großes Gewicht beilegen. Die dem Verf. zur Disposition stehenden Krystalle von Imfeld im Binnentale waren chemisch vollkommen reiner Baryt, wie es die Analyse des Doc. Dr. Kužma in Prag beweist:

| | |
|---|---|
| $Ba$ | 58,54 |
| $Ca$ | 0,16 |
| $SO_4$ | 41,22 |
| $Fe + Al$ | Spuren |
| | 99,92 |

Der spectralen Analyse nach (durchgeführt von Prof. Brauner und Doc. Kužma) ist keine Spur von $Sr$ anwesend.

An den drei gemessenen Krystallen wurden folgende Formen gefunden: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $u\{101\}$, $d\{102\}$, $l\{104\}$, $w\{106\}$, $z\{111\}$, $r\{112\}$, $f\{113\}$, $y\{122\}$. Aus den besten Messungen folgt das Axenverhältnis: $a : b : c = 0{,}8165 : 1 : 1{,}3103$ (bezogen auf die Position von Haüy-Miller).

Nachdem bewiesen war, daß der sogenannte »Barytocölestin« Neminar's ein Baryt ist, entstand die Frage, wieweit überhaupt der Barytocölestin als Mineraliengattung berechtigt ist. Der Verf. stellt aus der Literatur alle Angaben über Baryt und Cölestin zusammen, in denen die quantitative Analyse resp.

spectroskopische Prüfung der gemessenen Krystalle enthalten ist. Daraus ergibt sich: 1) Die Menge der beigemischten Sulfate ist in den Baryten und Cölestinen sehr gering. Das Baryumsulfat in Cölestinen reicht sehr selten über 1%. 2) Im reinen Baryt und Cölestin sind die Winkel- und Parameterschwankungen recht bedeutend und bei dem Cölestin fast gleich den Schwankungen bei den von *Ba* und *Ca* verunreinigten Cölestinen. Bei diesen ist kein regelmäßiger Zusammenhang zwischen den Beimischungen und den geometrischen Constanten nachweisbar. Diese Resultate berechtigen zu der Annahme, daß der Barytocölestin keineswegs als zweifellos festgestellte Species gelten darf. 3) $a$ und $c$ ändern sich ganz unabhängig voneinander bei reinen, sowie bei den verunreinigten Krystallen. Diese Schwankungen scheinen also nicht in den chemischen Beimischungen ihren Grund zu haben, vielmehr sind sie die Folge äußerer, das Wachstum der Krystalle störender Kräfte.

3. Vivianit von Valdic in Böhmen. Die untersuchten Vivianitkrystalle bilden sternförmige Gruppen auf dem Brandschiefer; sie erreichen bis 10 mm Länge, sind nach $b\{010\}$ dicktafelig, nur an einem Pole der Verticalaxe krystallonomisch begrenzt, während sie sich zum anderen Pole keilförmig verjüngen. Insgesamt wurden an diesen Krystallen folgende Formen beobachtet: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $x\{111\}$, $v\{\bar{1}11\}$, $r\{\bar{1}12\}$, $*\pi\{\bar{3}26\}$.

Die Form $\pi$ ist für den Vivianit neu und war an zwei Krystallen in der Zone $[r\,b]$ als schmale, schwach schimmernde Facette entwickelt.

$$(\bar{3}26) : (010) = 77^0\,32' \text{ gem.}, \quad 77^0\,9' \text{ ber.}$$

Der Winkeltabelle wurde das von G. vom Rath berechnete Axenverhältnis zugrunde gelegt. Spec. Gew. = 2,678 (in Thoulet'scher Lösung); für den Cornwall'schen wurde diese Größe zu 2,686 bestimmt. Der Valdicer Vivianit ist im auffallenden Lichte blau, im durchfallenden graulichgrün; diese Farbe geht an den Rändern in bräunlichgelb über. Der Pleochroïsmus ist schwach. Die Krystalle sind von schmalen Lamellen durchsetzt, die etwa nach dem Orthodoma $\{302\}$ verzwillingt sind. Nach der Erwärmung des Krystalles auf 105° C. begannen die Lamellen undeutlich zu werden, bis sie bei 120° vollständig verschwanden. Über 120° werden die Krystalle trübe. Die Brechungsexponenten wurden mit dem Totalrefractometer gemessen und gefunden:

| | |
|---|---|
| $\alpha = 1{,}5809$ | $\gamma - \alpha = 0{,}0552$ |
| $\beta = 1{,}6038$ | $\gamma - \beta = 0{,}0323$ |
| $\gamma = 1{,}6361$ | $\beta - \alpha = 0{,}0229$ |

Dieselben Constanten wurden zum Vergleiche am Cornwall'schen Vivianite bestimmt:

| | |
|---|---|
| $\alpha = 1{,}5818$ | $\gamma - \alpha = 0{,}0542$ |
| $\beta = 1{,}6012$ | $\gamma - \beta = 0{,}0348$ |
| $\gamma = 1{,}6360$ | $\beta - \alpha = 0{,}0194$ |

Ferner wurden gemessen: $2H_0 = 102^0\,11'$, daraus $2V_0 = 106^0\,52\frac{1}{2}'$ für den Valdicer Vivianit; beim Cornwall'schen wurde gefunden: $2H_0 = 101^0\,21'$, daraus $2V_0 = 106^0\,5'$. Alle diese optischen Bestimmungen wurden im *Na*-Lichte durchgeführt.

4. Goethit von Přibram. Nadelförmige, mit einem Pole aufgewachsene, am anderen frei ausgebildete Kryställchen. Folgende Formen wurden gefunden: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $d\{210\}$, $*n\{130\}$, $e\{011\}$, $u\{101\}$, $p\{111\}$. $n\{130\}$ ist

eine für den Goethit neue Form, welche an zwei Krystallen als schmale, schlecht entwickelte Fläche vorhanden war.

$$(130):(010) = \text{ca. } 19^0 \text{ gem.}, \quad 19^0 52\tfrac{2}{3}' \text{ ber.}$$

Das Axenverhältnis wurde aus den guten Messungen: $(210):(010) = 65^0 12'$ und $(101):(111) = 26^0 51'$ folgendermaßen bestimmt:

$$a:b:c = 0{,}92413 : 1 : 0{,}60512.$$

5. Hessit von Botés in Siebenbürgen: Die Krystalle dieser Localität sind bekannt durch starke Verzerrungen und knieartig gebogene Wachstumsformen, nach denen Becke auf triklines System geschlossen hatte. Der Verf. konnte einen Krystall messen, der etwa 3 mm groß war, von isometrischem Habitus und ziemlich reicher Combination. Seine Flächen waren wenig glänzend bis matt und konnten deshalb meistens nur mit Hilfe der Lupe eingestellt werden. Die beobachteten Formen sind: $h\{100\}$, $d\{110\}$, $e\{210\}$, $f\{310\}$, $o\{111\}$, $x\{322\}$, $m\{311\}$, $p\{221\}$, $^*r\{441\}$, $^*s\{552\}$. Die letzten zwei Formen sind für den Hessit neu, jede nur mit einer schmalen, matten Fläche vertreten.

$$(441):(110) = 10^0 9' \text{ gem.}, \ 10^0 1\tfrac{1}{2}' \text{ ber.}$$
$$(552):(110) = 16\ 0 \ \text{»} \ 15\ 47\tfrac{1}{2} \ \text{»}$$

6. Chalkanthit von Zaječar in Serbien. Der Chalkanthit ist teils körnig und faserig, teils krystallisiert. Die Krystalle (1—2 mm lang) zeigen folgende Combination: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $\varrho\{1\bar{1}0\}$, $\lambda\{1\bar{2}0\}$, $^*p\{140\}$, $^*o\{1\bar{1}1\}$, $\omega\{\bar{1}11\}$, $^*\varphi\{\bar{1}01\}$, $q\{011\}$, $x\{0\bar{1}1\}$, $t\{021\}$, $\psi\{1\bar{3}1\}$, $\sigma\{\bar{1}\bar{2}1\}$, $\xi\{\bar{1}21\}$, $\zeta\{\bar{1}31\}$.

Als Aufstellung wurde die von Barker gewählte angenommen; die Berechnungen wurden auf das Barker'sche Axenverhältnis bezogen:

$$a:b:c = 0{,}5721 : 1 : 0{,}5554; \quad \alpha = 82^0 5', \quad \beta = 107^0 8', \quad \gamma = 102^0 41'.$$

Die Formen $p$, $o$, $\varphi$ sind für den Chalkanthit neu.

| | Gemessen: | Berechnet: |
|---|---|---|
| $(100):(140)$ | $56^0 50'$ | $56^0 48'$ |
| $(1\bar{1}0):(1\bar{1}1)$ | 35 31 | 35 33 |
| $(\bar{1}01):(\bar{1}11)$ | 26 10 | 26 13 |

Merkwürdig ist der Habitus der Krystalle; sie sind nach den Flächen $\omega$ dicktafelig und nach der Kante $\omega:b$ verlängert; außer $\omega$ ist noch $\xi$ und $\mu$ etwas größer, die anderen Formen sind durch schmale Flächen vertreten. Spec. Gew. = 2,282 (am reinen künstlichen Chalkanthit = 2,284 nach Thorpe und Watts).

7. Scheelit von Přibram in Böhmen. Kommt (nach Hofmann) in der Paragenesis mit Siderit, Tetraëdrit, Calcit, Löllingit, Boulangerit, Stannin, Quarz, Apatit, Chalkopyrit, Arsenopyrit, Uraninit und Bismutit vor. Die gemessenen Krystalle erreichten etwa 2 mm Größe, ihre Flächen waren stark glänzend, jedoch vielfach gekrümmt und geknickt. Die Hauptform ist $e\{101\}$, außerdem erscheinen noch die Formen: $p\{111\}$, $h\{313\}$, $s\{311\}$.

Ref.: V. Rosický.

**2. B. Ježek** (in Prag): **Über den Hamlinit aus Brasilien** (»Rozpravy« der böhm. Akademie in Prag 1908, 17, II. Kl., Nr. 2, 7 S. [böhmisch]).

Nach dem Überblicke der Geschichte des Hamlinites beschreibt der Verf. Krystalle dieses Minerales, welche aus der Umgebung von Diamantina in Brasilien (vielleicht aus den goldhaltigen Sanden von Serra de Congonhas) stammten. Die untersuchten Krystalle eigneten sich gut zum krystallographischen und optischen Studium. Sie sind farblos, weiß, gelblich, rosafarbig durchsichtig bis fast undurchsichtig; qualitativ enthalten sie: *Al*, *Sr*, Phosphorsäure. Die Anwesenheit von *Sr* und die Abwesenheit von *Ba* wurde durch Spectralanalyse bewiesen (Prof. Brauner und Doc. Kužma). Keine Spur von $SO_3$ wurde gefunden. An den 20 mehr oder minder gut ausgebildeten Krystallen fand der Verf. folgende Formen: $c\{0001\}$, $r\{10\bar{1}1\}$, $f\{02\bar{2}1\}$, $*n\{40\bar{4}1\}$. Für den Hamlinit ist das Rhomboëder $n$ neu. Die Krystalle waren von zweierlei Typus: entweder tafelig nach $c$ oder rhomboëdrisch, mit überwiegenden Rhomboëdern $r$ oder $f$. Das neue Rhomboëder $n$ wurde mit einer glänzenden Fläche an einem Krystalle gefunden. Die Mehrzahl der Flächen gab — im Gegensatze zu den Krystallen, die Penfield und Hussak gemessen haben — sehr gute Reflexe. Aus dem Winkel: $r(10\bar{1}1) : f(20\bar{2}1) = 56^0 14'$ berechnet man $c = 1{,}18504$ (nach Penfield $c = 1{,}135$).

Die vom Autor beobachteten und berechneten Werte sind:

| | Gemessen: | Ber. ($c = 1{,}18504$): | Ber. aus $c = 1{,}135$: |
|---|---|---|---|
| $c(0001) : r(10\bar{1}1) =$ | $53^0 47'$ | $53^0 50\frac{1}{3}'$ | $52^0 40'$ |
| $: f(02\bar{2}1) =$ | $69\ 56$ | $69\ 55\frac{2}{3}$ | $69\ 7\frac{1}{2}$ |
| $: n(40\bar{4}1) =$ | $79\ 51\frac{1}{2}$ | $79\ 38\frac{3}{4}$ | $79\ 12$ |
| $r(10\bar{1}1) : r'(\bar{1}101) =$ | $88\ 47$ | $88\ 43$ | $87\ 2$ |
| $: \underline{r}(01\bar{1}\bar{1}) =$ | $91\ 15\frac{1}{2}$ | $91\ 17$ | $92\ 58$ |
| $: f(02\bar{2}1) =$ | $54\ 25$ | $54\ 26$ | $54\ 1$ |
| $: \underline{f}(02\bar{2}\bar{1}) =$ | $*56\ 14$ | — | $58\ 12\frac{1}{2}$ |
| $f(02\bar{2}1) : f_1(\bar{2}021) =$ | $108\ 50$ | $108\ 52$ | $108\ 2$ |
| $: \underline{f}(20\bar{2}\bar{1}) =$ | $71\ 7$ | $71\ 8$ | $71\ 58$ |

Aus der Tabelle ist ersichtlich, daß die beobachteten Werte (auch diejenigen, welche Hussak erhielt) besser mit dem Axenverhältnisse nach Ježek als mit demjenigen nach Penfield übereinstimmen. Die natürlichen Ätzfiguren beweisen die Zugehörigkeit des Minerales zur ditrigonal-skalenoëdrischen Klasse. Spec. Gew. = 3,201 — 3,262. Die erste Grenze gilt für farblose und gelbliche, die zweite für rosafarbige und trübe weiße Krystalle. Mit dem Totalrefractometer wurden die Brechungsexponenten für *Na*-Licht gemessen: $\omega = 1{,}62945$, $\varepsilon = 1{,}63870$, $\omega - \varepsilon = 0{,}00925$.

Wie schon Prior gezeigt hatte, gehört Hamlinit in eine isomorphe Gruppe mit Florencit, Svanbergit, Beudantit, wie es folgende Daten beweisen:

| | Verticalaxe: | $r:r$ | $f:f$ | $c:r$ |
|---|---|---|---|---|
| Hamlinit | 1,1850 | $88^0 43'$ | $108^0 52'$ | $53^0 47'$ |
| Florencit | 1,1901 | $88\ 56$ | $108\ 56\frac{1}{2}$ | $53\ 57$ |
| Svanbergit | 1,2063 | $89\ 25$ | $109\ 12$ | $54\ 19\frac{1}{2}$ |
| Beudantit | 1,1842 | $88\ 42$ | $108\ 51$ | $53\ 49\frac{1}{4}$ |

Ref.: V. Rosický.

**3. L. J. Spencer** (in London): **Über den Hopeït und andere Zinkphosphate, mit den begleitenden Mineralien, von den Broken Hill-Gruben, Nordwest-Rhodesia** (Min. Mag. 1908, **15**, 1—38).

In den merkwürdigen, 1902 entdeckten Lagerstätten von Rhodesia Broken Hill, welche in Nordwest-Rhodesia an der Eisenbahn, ungefähr 480 km n.-ö. von den Victoria-Fällen des Zambesi, liegen, kommen folgende Mineralien vor: Hopeït, *Parahopeït, *Tarbuttit, Descloizit, Vanadinit, Pyromorphit, Hemimorphit, Zinkspat, Hydrozinkit?, Cerussit, Limonit, Wad, Quarz, Bleiglanz, Zinkblende.

Die mit * bezeichneten sind neue Arten.

Die krystallisierten Mineralien sitzen in Drusen in einem derben, hellgelblichen, aus einem Gemenge von Hemimorphit und Cerussit mit mehr oder weniger Limonit bestehendem Erz, welches niedrige Hügel in einer flachen Landschaft aus krystallinischem Kalk mit etwas Sandstein, Conglomerat und Phyllit bildet.

In einem der Hügel wurde eine große Höhle mit Knochenresten und Feuersteingeräten aufgebrochen.

Die Paragenesis ist zweierlei: 1) auf der Knochenbreccie in der Höhle befinden sich Hopeït und Vanadinit, während 2) Tarbuttit, Parahopeït, Descloizit, Pyromorphit usw. in drusigem Limonit vorkommen.

Hopeït. Dieses, früher nur in sehr kleiner Menge vom Altenberg bei Aachen bekannte Mineral, tritt in der Knochenbreccie reichlich auf.

Glänzende, wasserklare Krystalle, bis 1 cm Länge und Büschel feiner Nadeln, stets mit Vanadinit, auf einer Kruste von Hemimorphit, Tarbuttit und Zinkspat, sowie große Massen (bis mehrere Pfund) durchscheinender tafelförmiger weißer oder kleinerer gelblicher Krystalle.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 0{,}5786 : 1 : 0{,}4758.$$

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $s\{120\}$, $r\{111\}$, $e\{101\}$, $f\{011\}$, $u\{103\}$, $n\{130\}$, $i\{5.11.0\}$, $q\{233\}$, $t\{133\}$, $b\{010\}$.

Habitus: Säulenförmig nach $s$, $a$, resp. tafelförmig nach $a$, mit $e$, $r$.

Spaltbarkeit: Nach $a$ vollkommen, mit Perlmutterglanz, nach $b$ gut, nach (001) unvollkommen; Härte $3\frac{1}{4}$; Dichte 3,04—3,08.

Auslöschung auf jeder Fläche einheitlich, nach den krystallographischen Axen. Erste Mittellinie negativ, senkrecht zu (010).

Spaltungsplatten nach (010) zeigen zonale Structur, mit schmalen Lamellen von verschiedener Doppelbrechung, Axenwinkel und Lage der Axenebene. Diese Structur ist nur an den (010)-Platten sichtbar.

Es können zwei Arten von Lamellen unterschieden werden, welche folgenden Varietäten entsprechen:

$\alpha$-Hopeït mit starker Doppelbrechung; optische Axenebene parallel $c\{001\}$; $2E = 58\frac{1}{2}^0$.

$\beta$-Hopeït mit schwacher Doppelbrechung; optische Axenebene parallel $c\{001\}$ ($2E = 32\frac{1}{2}^0$) oder senkrecht dazu ($2E = 20^0$).

Die Lamellen von $\beta$-Hopeït sind zuweilen (wahrscheinlich infolge von Aufeinanderlagerung) einaxig. Man vergleiche damit den $\alpha$- und $\beta$-Zoisit von Termier (diese Zeitschr. **32**, 640; **35**, 638).

Auf 105° C. erhitzt wird der $\alpha$-Hopeït undurchsichtig. Bei 139° C. wird auch der $\beta$-Hopeït opak, wenn man eine $b$-Fläche ansieht; aber eine Platte

nach $a\{100\}$ bleibt durchsichtig und scheinbar unverändert auch nach dem Glühen.

Dichte des $\alpha$-Hopeïts etwas über, die des $\beta$-Hopeïts etwas unter 3,02.

Brechungsindices nach dem Mischungsverhältnisse von $\alpha$ und $\beta$ schwankend, zwischen 1,5806—1,6117 (*Na*-Licht).

Mit verdünnter Salzsäure erhaltene Ätzfiguren deuten auf rhombisch-bipyramidale Symmetrie hin.

Der Hopeït löst sich in verdünnter *HCl* leicht auf. Im geschlossenen Röhrchen erhitzt gibt er leicht Wasser ab und wird opak und weiß. Vor dem Lötrohre leicht schmelzbar.

Analysen A. und B. zweier, allerdings nicht reiner Proben von $\alpha$- resp. $\beta$-Hopeït, welche aber überwiegende Mengen des einen resp. des anderen enthielten:

| | A. | B. |
|---|---|---|
| $ZnO$ | 52,1 | 51,9 |
| $P_2O_5$ | 31,8 | [31,9] |
| $H_2O$ | 16,1 | 16,2 |
| | 100,0 | |

Daraus ergibt sich die Formel $Zn_3P_2O_8 . 4H_2O$. $\alpha$- und $\beta$-Hopeït haben daher gleiche Zusammensetzung bei gleicher Krystallform, und sind also nicht im gewöhnlichen Sinne dimorph.

Parahopeït. Dieser Name wird einem neuen Mineral von gleicher Zusammensetzung wie der Hopeït, jedoch von niedrigerer (wohl trikliner) Symmetrie, welches selten auf Stufen von Tarbuttit vorkommt, gegeben.

Dünne farblose Platten (bis 3—5 mm Durchm.) mit Glasglanz; fächerartige Gruppen bildend, wie die des Hemimorphits; nur unvollkommen meßbar. Sie zeigen eine vollkommene Spaltbarkeit, etwa senkrecht zur breiten Fläche, und die Spaltflächen zeigen eine Längsstreifung wie die der Plagioklase.

Beobachtete Formen (unter Annahme trikliner Symmetrie): $a\{100\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $m'\{1\bar{1}0\}$, $d\{011\}$, $d'\{0\bar{1}1\}$, $b\{010\}$ (Spaltung). Krystalle tafelförmig nach $a\{100\}$.

Auslöschung auf $a(100)$ bildet 30° mit der Kante $ab$, bei starker Doppelbrechung.

Auslöschung auf $b(010)$ schwankend, (0°—25°) bei schwächerer Doppelbrechung; auf den abwechselnden Lamellen gleich.

Durch $a$ tritt eine stumpfe Mittellinie aus, durch $b$ aber eine optische Axe nahe in der Mitte des Gesichtsfeldes. Doppelbrechung positiv. Brechungsindex ungefähr 1,62 (G. F. H. Smith).

Bei 163° C. werden die Krystalle weiß. Bis zu dieser Temperatur findet keine Änderung der optischen Eigenschaften statt.

Dichte 3,31. Härte $3\frac{3}{4}$. Die Krystalle sind leicht löslich in verdünnter *HCl*, und verhalten sich vor dem Lötrohre wie der Hopeït.

Analyse: $ZnO$ 53,0, $P_2O_5$ 31,6, $H_2O$ 15,6; Summe = 100,2. Das Wasser entweicht erst bei etwa 163° C.

Tarbuttit. Einem zweiten neuen Zinkphosphat hat Verf. den Namen »Tarbuttit« gegeben.

Der Tarbuttit kommt reichlich vor, in guten Krystallen von verschiedenem Habitus und Aussehen, auf Limonit mit Descloizit und Pyromorphit, sowie als dünner Überzug auf den Hopeïtstufen aus der Knochenhöhle.

Krystalle zuweilen farblos, durchsichtig; gewöhnlich blaßgelblich, bräunlich, rötlich oder grünlich; bis $\frac{1}{2}$ cm Durchm.; meist in garbenförmigen Büscheln. Messungen unzuverlässig.

Krystallsystem: Triklin. Approximative Elemente:

$$a : b : c = 0{,}9583 : 1 : 1{,}3204;$$
$$\alpha = 102^0 37', \quad \beta = 123^0 52', \quad \gamma = 87^0 25.$$

Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $b\{010\}$, $a\{100\}$, $e\{\bar{2}\bar{2}1\}$, $f\{\bar{1}01\}$, $g\{\bar{2}11\}$, $d\{\bar{2}\bar{2}3\}$, $k\{\bar{1}\bar{1}1\}$, $l\{021\}$, $h\{0\bar{2}1\}$, $i\{\bar{1}\bar{2}2\}$, $r\{\bar{2}\bar{4}3\}$, $o\{\bar{1}\bar{2}1\}$, $s\{\bar{1}02\}$, $t\{\bar{1}03\}$, $u\{0\bar{1}1\}$, $m\{110\}$.

Berechnete Winkel:

| | | | |
|---|---|---|---|
| $ac = (100) : (001) =$ | *55° 50′ | $cl = (001) : (021) =$ | 54° 41′ |
| $cf = (001) : (\bar{1}01) =$ | *77 38 | $cd = (001) : (\bar{2}\bar{2}3) =$ | *72 3 |
| $cs = (001) : (\bar{1}02) =$ | 42 0 | $ck = (001) : (\bar{1}\bar{1}1) =$ | 90 27 |
| $ct = (001) : (\bar{1}03) =$ | 26 23 | $ce = (001) : (\bar{2}\bar{2}1) =$ | 108 45 |
| $ab = (100) : (010) =$ | *84 34 | $gf = (\bar{2}11) : (\bar{1}01) =$ | 43 37 |
| $am = (100) : (110) =$ | 37 0 | $fd = (\bar{1}01) : (\bar{2}\bar{2}3) =$ | 43 42 |
| $cb = (001) : (010) =$ | *76 31 | $di = (\bar{2}\bar{2}3) : (\bar{1}\bar{2}2) =$ | 18 34 |
| $ch = (001) : (0\bar{2}1) =$ | 77 7 | $dh = (\bar{2}\bar{2}3) : (0\bar{2}1) =$ | 46 1 |
| $cu = (001) : (0\bar{1}1) =$ | 55 7 | | |

Habitus schwankend: Meist mit vorherrschenden $a\,b\,c$. Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen, mit Perlmutterglanz. Auslöschung auf allen Flächen schief. Erste Mittellinie, negativ, durch die Ecke zwischen $a(\bar{1}00)$, $b(010)$, $c(001)$ austretend. Doppelbrechung stark. $2E = 80^0—90^0$.

Brechungsindices durch natürliche Prismen 1,665—1,706. Dichte 4,12—4,15. Härte $3\frac{3}{4}$.

Im geschlossenen Röhrchen erhitzt gibt der Tarbuttit wenig Wasser und wird opak; in der Hitze ist er gelb, nach dem Abkühlen weiß: vor dem Lötrohre leicht schmelzbar zu einer gelben Perle. In verdünnter *HCl* leicht löslich.

Analyse: $ZnO$ 66,6, $P_2O_5$ 29,2, $H_2O$ 3,8; Summe = 99,6, woraus die Formel: $Zn_3P_2O_8 . Zn(OH)_2$ oder $Zn_2(OH)PO_4$, d. i. ein basisches Zinkphosphat.

Der Tarbuttit bildet auch Pseudomorphosen nach Zinkspat (Überzüge), Descloizit (hohle, linsenförmige Krystalle bis 1 cm Durchm.) und Hemimorphit (?).

Er kommt außerdem als dünner krystallinischer Überzug auf der Knochenbreccie vor.

Descloizit. Reichliches Vorkommen in drusigen Massen von Krystallen, mit Limonit gemengt. Meistens mit dem Tarbuttit, seltener mit Pyromorphit und Quarz.

Krystalle tiefbraun, mit halbmetallischem Glanz oder matt; oft von 1 cm Durchmesser.

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$, $s\{310\}$, $l\{130\}$, $u\{011\}$, $v\{021\}$, $o\{111\}$, $\varepsilon\{211\}$.

Habitus dreierlei: 1) Mit vorherrschendem $o$ (pyramidal); 2) nach der $a$-Axe verlängert, mit vorherrschenden $u$, $o$; 3) tafel- oder linsenförmig nach $a$. Durch $a\{100\}$ sind die Krystalle pleochroïtisch mit diagonaler Auslöschung.

Vanadinit. Hellbraune traubige Massen mit Hopeït. Eine jüngere Bildung, jedoch früher als der Hopeït entstanden.

Pyromorphit. Blaßgrüne oder farblose lange Prismen: $m\{10\bar{1}0\}$, $x\{10\bar{1}1\}$; mit Tarbuttit, Descloizit und Limonit.

Hemimorphit. Selten in deutlichen Krystallen. Als derbes Erz reichlich, mit Cerussit und Limonit. Krystalle zeigen: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $s\{101\}$ und zuweilen $c\{001\}$.

Auch in faserigen Krusten auf der Knochenbreccie; selten in dicktafeligen Krystallen (bis $\frac{1}{2}$ mm), von ungewöhnlichem (rhombischem) Habitus: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $t\{301\}$, $h\{021\}$.

Zinkspat. Weiße, blaßgelbe oder -braune Massen (oft in Tarbuttit umgewandelt). Zuweilen auch kleine spitze Krystalle: $v\{20\bar{1}\}$, $s\{22\bar{3}\}$.

Hydrozinkit (?).

Cerussit. Reichlich als derbes Erz, sowie herrliche Krystalle in den Drusen.

Farblose, klare Krystalle, bis $1\frac{1}{2}$ cm, sowie gelbe und matte bis 7 cm Länge; nach der $a$-Axe verlängert, und dabei entweder prismatisch oder tafelig nach $b\{010\}$ oder $c\{001\}$. Sechsstrahlige Drillinge nach $m\{110\}$ häufig.

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $c\{001\}$, $m\{110\}$, $r\{130\}$, $y\{102\}$, $x\{012\}$, $q\{023\}$, $k\{011\}$, $i\{021\}$, $t\{061\}$, $p\{111\}$, $o\{112\}$, $s\{121\}$, $z\{041\}$.

In der Knochenhöhle auch stalaktitischer Cerussit.

Limonit. Harte oder weich-ockerige, drusige und stalaktitische Massen.

Wad, Quarz, Bleiglanz, Zinkblende in geringen Mengen.

Ref.: H. L. Bowman.

**4. H. A. Miers** (damals in Oxford): **Notiz über die Krystallisation von doppelchromsaurem Kali** (Min. Mag. 1908, **15**, 39—41).

Die Krystallisation eines ausgebreiteten Tropfens von starker Kaliumdichromatlösung auf einem Objectträger fängt meistens am Rande an, wo plötzlich feine, sich verzweigende Fasern entstehen, welche dann ruhig als Platten und flache Prismen weiterwachsen. Bald entsteht aber plötzlich an einem von den Krystallen entfernten Punkte eine neue Faserbildung, welche sich nach allen Richtungen ausbreitet. Das schnelle Wachstum hört aber bald auf, und es bilden sich dann langsam Platten an den Enden der Fasern. Bald findet noch eine plötzliche Faserbildung statt, usf.

Eine derartige periodische Krystallisation wird erklärt durch einen abwechselnd labilen und metastabilen Zustand der Lösung, welcher auch den zweifachen Habitus der Krystalle bedingt. Die Fasern entstehen erst, wenn die Lösung durch Verdampfung labil geworden ist; und sobald diese durch Ausscheidung des Gelösten den metastabilen Zustand wieder erreicht hat, fangen plattige Krystalle an sich zu bilden.

Ähnliche periodische Wachstumserscheinungen, die Alexéeff an gewissen geschmolzenen Substanzen beobachtet und der Wirkung der Capillarität zugeschrieben hat, sind wahrscheinlich auf gleiche Weise bedingt.

Ref.: H. L. Bowman.

**5. H. J. Johnston-Lavis** (in Beaulieu, Alpes-Maritimes) und **L. J. Spencer** (in London): **Über den Chlormanganokalit, ein neues Mineral vom Vesuv; nebst Bemerkungen über die begleitenden Mineralien** (Ebenda 54—61).

Das von Johnston-Lavis 1906 unter dem Namen Chlormanganokalit (s. diese Zeitschr. **45**, 301) beschriebene neue Mineral, von der Eruption vom

April des genannten Jahres, ist nunmehr weiter untersucht worden. Es ist mit dem von A. Lacroix (diese Zeitschr. **45**, 185) beschriebenen identisch.

Das Mineral bildete glänzende, gut ausgebildete flache Rhomboëder, von canariengelber Farbe, welche sich mit Sylvin- und Steinsalzkrystallen in verkitteten Aggregaten poröser Aschen vorfanden. In feuchter Luft zerfließen die Krystalle zu einer gelben Flüssigkeit.

Analyse: (H. J. Johnston-Lavis). $K$ 36,34, $Mn$ 11,52, $Cl$ 48,13, $Mg$ 0,04, $Na$ 0,38, $SO_4$ 0,81, $H_2O$ 1,52, Unlösliches 0,71; Summe = 99,45, oder: $KCl$ 69,42, $MnCl_2$ 26,45, $MgCl_2$ 0,16, $Na_2SO_4$ 1,19, $H_2O$ 1,52, Unlösliches 0,71; Summe = 99,45.

Woraus sich die Formel $4\frac{1}{2}\,KCl.MnCl_2$ oder (mehr wahrscheinlich) $4KCl.MnCl_2$ mit überschüssigem $KCl$ berechnen läßt.

Einige später gefundene, matte, orangefarbene Rhomboëder, bis 1 cm groß, mit Sylvin und Steinsalz, spießförmigen Eisenglanzkrystallen und dünnen quadratischen Prismen eines pseudomorphen Minerals, sind Pseudomorphosen nach dem Chlormanganokalit.

Das Mineral verdankt seine Entstehung der pneumatolytischen Wirkung in der Nähe des vulkanischen Trichters.

Krystallographische Eigenschaften (L. J. Spencer).

Krystallsystem: Rhomboëdrisch.

Krystalle: blaßweingelb; einfache stumpfe Rhomboëder $r\{100\}$, bisweilen mit schmalen Flächen von $a\{10\bar{1}\}$; von 2—3 mm Kantenlänge.

Approximative Messungen: $rr = 57^0 36'$, woraus $cr = 33^0 48'$; $a:c = 0{,}5801$.

Krystalle spröde, mit muscheligem Bruch, ohne Spaltbarkeit. Dichte 2,31; Härte $2\frac{1}{2}$. Brechungsindex (durch ein natürliches Rhomboëder gemessen) ungefähr 1,59 (weißes Licht).

Doppelbrechung sehr schwach; vollkommen einaxig, positiv (daher nicht monoklin pseudorhomboëdrisch, wie Lacroix vermutet hat).

Die Krystalle bleiben unverändert bis 195°C. und schmelzen leicht im geschlossenen Röhrchen. Sie enthalten eingeschlossene Höhlungen mit Flüssigkeit, Gasblasen und Krystallen von zweierlei Habitus (darunter Würfel).

Die von Johnston-Lavis als Chlornatrokalit beschriebenen Stufen (diese Zeitschr. **45**, 301) sind nur Sylvin und Steinsalz.

Die obengenannten Eisenglanzkrystalle sind spitze Skalenoëder (1 mm Länge) von der Form $\beta\,\{31\bar{3}\} = \{24\bar{6}1\}$ mit kleinen Flächen von $c\{111\} = \{0001\}$ und $r\{100\} = \{10\bar{1}1\}$. Sie sind von dünnen Nadeln desselben Minerals, mit $a\{10\bar{1}\}$, $c\{111\}$ und bisweilen sehr kleinem $r\{100\}$ begleitet.

Ref.: H. L. Bowman.

**6. W. J. Lewis** (in Cambridge): **Über einige Kalkspatzwillinge und eine einfache Methode für die Zeichnung von Kalkspatkrystallen und zur Ableitung der Verhältnisse ihrer Symbole** (Min. Mag. 1908, **15**, 62—77).

Der Verf. erörtert das Zeichnen von Kalkspatkrystallen in der Lage, bei der eine der Symmetrieebenen in der Zeichnungsebene liegt. Die Methode ist wegen ihrer Einfachheit zu empfehlen, besonders für Zwillinge, wobei die Zwillingsaxe in die Zeichnungsebene gelegt wird.

Er gibt einfache Constructionen an für das Zeichnen verschiedener Rhomboëder, Skalenoëder, Pyramiden und Trapezoëder, sowie für einige Combinationen

derselben, sowie für die Kalkspatzwillinge nach $c\{111\}$, $r\{100\}$, $e\{011\}$, $f\{1\bar{1}1\}$. Er zeigt auch, wie gewisse numerische Verhältnisse (wie z. B. solche zwischen den Naumann'schen und den Miller'schen Symbolen) daraus abgeleitet werden können.

Folgende zwei gutausgebildete Kalkspatzwillinge nach $e\{011\}$ befinden sich im mineralogischen Museum in Cambridge:

Der erste (ohne Fundortsangabe) bildet Krystalle von 3,2—5 cm Breite und 1,3—2,5 cm Dicke mit geätzter oder rauher Oberfläche, mit Markasit und gleicht einer Combination von $e\{011\}$ und $a\{10\bar{1}\}$ mit der Zusammensetzung nach der Zwillingsebene, wobei aber das scheinbare Prisma in Wirklichkeit ein steiles Skalenoëder (wohl $\{91\bar{7}\}$) ist.

Die andere Stufe stammt aus den Bleigruben von Seven Churches, Co. Wicklow, Irland. Die Zwillinge sind tafelförmig verzerrte, steile Skalenoëder, bis 3,2 cm breit und 4 mm dick mit den Symbolen $\{13.0.\bar{1}\bar{1}\}$, neben langen und schlanken einfachen Krystallen von derselben Form.

Ref.: H. L. Bowman.

**7. G. T. Prior** (in London) und **F. Zambonini** (in Neapel): **Über den Strüverit und dessen Beziehung zum Ilmenorutil** (Min. Mag. 1908, **15**, 78—89).

Strüverit. Der zuerst 1907 von F. Zambonini aus einem Pegmatitgang zu Craveggia in Piemont beschriebene Strüverit (Rend. R. Accad. Sci. Napoli 1907 (3) **13**, 35) tritt in sehr kleiner Menge in dem Quarz und Feldspat des Pegmatits auf.

Farbe eisenschwarz; Strich grauschwarz; im frischen Bruch glänzend; undurchsichtig; Härte 6; Dichte 5,54—5,59. Vor dem Lötrohre unschmelzbar. Gute Krystalle selten, klein (bis 8 mm). Es sind (tetragonale) Bipyramiden ($s\{111\}$, mit kleinerem $a\{100\}$ und $m\{110\}$), oder Prismen ($a\{100\}$, $m\{110\}$, $s\{111\}$), welche letztere zuweilen tafelförmig nach $a$ oder nach einer Pyramidenkante verlängert sind, und zwar dann meist Zwillinge nach $\{101\}$, wie bei Ilmenorutil, Tapiolith, Mossit und Rutil, mit welchen Mineralien die Winkel des Strüverits sehr nahe übereinstimmen. $ss = (111) : (\bar{1}11) = 56^0 57'$, wonach $a : c = 1 : 0{,}6456$.

$$ms = (110) : (111) = 47^0 36\tfrac{1}{4}'.$$

Zwei Analysen scheinbar ganz reinen Materials gaben im Mittel: $TiO_2$ 41,20, $(Nb_2O_5 + Ta_2O_5)$ 46,96, $FeO$ 11,38, $MnO$ Spur, $CaO$ 0,51, $MgO$ 0,17; Summe = 100,22. $Ta_2O_5$ und $Nb_2O_5$ sind in etwa gleichen Gewichtsmengen vorhanden.

Daraus ergibt sich die Formel $FeO(Ta, Nb)_2O_5 . 4TiO_2$ oder (genauer) $3\,Fe(Ta, Nb)_2O_6 . 10\,TiO_2$.

Prior fand, daß bei Behandlung eines mit $KHSO_4$ geschmolzenen Gemisches von Niob-, Tantal- und Titansäure mit verdünnter Schwefelsäure der größte Teil auch der beiden ersten Säuren mit in die Lösung geht, und erörtert die beste Trennungsmethode dieser Körper.

Ilmenorutil. Die vorhandenen Analysen dieses Minerals vom Ilmengebirge (Hermann 1866) und von Evje und Tvedestrand in Norwegen (Heidenreich 1906) sind ungenau, wegen der obengenannten unvollkommenen Trennung von $TiO_2$ und $Nb_2O_5$. Neuere Bestimmungen der $TiO_2$ an Material von den näm-

lichen Fundorten durch Prior, und Umrechnung der Analysen ergaben die verbesserten Zahlen unter I.—III.

| | I. Ilmengeb.: | II. Evje: | III. Tvedestrand: | IV. Ilmengeb.: | V. Iveland: |
|---|---|---|---|---|---|
| $TiO_2$ | 53,04 | 54,50 | 54,50 | 53,04 | 54,57 |
| $SiO_2$ | 1,37 | 0,23 | 0,05 | — | — |
| $SnO_2$ | 0,89 | — | — | — | — |
| $Nb_2O_5$ | 33,50 | 33,02 | 33,49 | 21,73 | 32,15 |
| $Ta_2O_5$ | | 0,43 | — | 14,70 | — |
| $FeO$ | 10,18 | 11,58 | 11,68 | 10,56 | 12,29 |
| $MnO$ | 0,77 | — | Spur | — | — |
| $MgO$ | — | 0,04 | Spur | — | Spur |
| $CaO$ | — | 0,22 | 0,28 | Spur | 0,11 |
| | 99,75 | 100,02 | 100,00 | 100,03 | 99,12 |
| Dichte | — | — | — | 5,14 | 4,64 |

Ausführliche Analysen des nämlichen Materials vom Ilmengebirge und einer Probe von Iveland in Norwegen lieferten die Werte unter IV. resp. V.

Diese Resultate ergaben als Formel des Ilmenorutils: $FeO(Nb,Ta)_2O_5.5\,TiO_2$, was sich mit der Formel $FeO(Nb,Ta)_2O_5.4\,TiO_2$ des Strüverits vergleichen läßt.

Diese beiden Mineralien könnten demnach Salze von complexen Titanniob- resp. Titantantalsäuren sein. Jedoch wegen ihrer krystallographischen Ähnlichkeit mit dem Tapiolith, Mossit usw. werden sie wohl gegenwärtig besser als feste Lösungen von Rutil $(TiO.TiO_3)$ und Tapiolith $(Fe[(Ta,Nb)O_3]_2)$ oder Mossit $(Fe[(Nb,Ta)O_3]_2)$ angesehen.

Zugunsten dieser Ansicht spricht auch die Übereinstimmung der beobachteten mit der berechneten Dichte, sowie das Vorkommen von rotem, durchsichtigem Rutil in unmittelbarer Verwachsung mit einem Krystalle des Ilmenorutils.

Der Name Strüverit sollte auf Vorkommen mit viel $Ta_2O_5$, der Name Ilmenorutil dagegen auf solche mit viel $Nb_2O_5$ beschränkt werden.

Ref.: H. L. Bowman.

**8. G. Barrow** und **H. H. Thomas** (in London): **Über das Vorkommen von metamorphen Mineralien in Kalkgesteinen in der Umgebung von Bodmin und Camelford in Cornwall** (Min. Mag. 1908, **15**, 113—123).

In den die intrusiven Granitmassen Cornwalls umgebenden metamorphen Höfen unterscheiden die Verff. zwei Gruppen von Mineralien, welche durch den einfachen Thermometamorphismus resp. durch pneumatolytische Wirkung entstanden sind. Davon sind die letzteren Mineralien meist viel jüngere als jene, und zwar sind sie nach der Abkühlung des Granits entstanden.

Die pneumatolytisch gebildeten Mineralien sind zum großen Teile von der Natur des metamorphosierten Gesteines abhängig. So z. B. wird der »Killas« oft beinahe gänzlich in Turmalin umgewandelt, während dieser in den Kalkgesteinen selten ist.

Die pneumatolytische Umwandlung von unreinen Kalken, ohne merkliche »Contactwirkung«, ist im unteren Devon am nördlichen Rande der Granitmasse von St. Austell (in der Nähe von Bodmin) deutlich zu beobachten; während contactmetamorphe Wirkung, mit nur wenig Pneumatolyse, an ähnlichen Ge-

steinen am nördlichen Rande der Granitmasse von Bodmin Moor (in der Nähe von Camelford) sich zeigt.

Die Pneumatolyse bringt folgende durch normale Contactwirkung nicht gebildete Mineralien hervor: Axinit, prismatischen grünen Pyroxen, Flußspat, Turmalin, Zinkblende, hellgelben Granat, Talk. Der normale Thermometamorphismus dagegen liefert: Idokras, Granat, blaßgrünen Pyroxen, Epidot, Aktinolith.

Die pneumatolysierten Gesteine (Kalkflintas) bei Bodmin enthalten folgende Mineralien:

Axinit. $M\{1\bar{1}0\}$, $r\{1\bar{1}1\}$, $m\{110\}$ (Krystalle meist tafelförmig nach $r$); zuweilen auch die Combination $M\{1\bar{1}0\}$, $s\{201\}$, $x\{111\}$, $y\{021\}$, $e\{\bar{1}11\}$.

Pyroxen (Hedenbergit). Sehr kleine Krystalle: $a\{100\}$, $b\{010\}$, mit schmalem $m\{110\}$; wahrscheinlich auch $c\{001\}$, $u\{111\}$. Auslöschung auf $b$ ungefähr $42^0$. Gehört zu den ersten Bildungen.

Granat. Weingelbe bis bräunlichgrüne, einfache Dodekaëder, bis 1 mm Durchmesser, mit Kalkspat. Die gelben Krystalle zeigen zonare Structur und doppelbrechende Felder. Doppelbrechung der äußeren Zonen bis 0,009. Die größeren Krystalle enthalten viel Axinit und andere Mineralien, und sind wohl unter die letzten Bildungen zu rechnen. Die grünlichen Krystalle sind manganhaltig und ebenfalls stark doppelbrechend.

Turmalin in feinen bräunlichschwarzen Nadeln (sehr selten).

Amphibol. Aktinolithprismen. Blaßgrüner Asbest, Axinitkrystalle umgebend. Wollige Massen von feinen, schwarzen Nadeln, bestehend aus Asbest mit einem Überzug von Manganoxyden.

Eisenglanz in kleinen Tafeln und größeren Massen (wohl nach Eisenspat).

Zinkblende. Epidot.

Hauptsächlich thermometamorphe Bildungen von Camelford sind:

Granat. Zimtbraune derbe Massen mit Krystallen in den Rissen, mit Idokras und Quarz. $\{110\}$, nach der kürzeren Diagonale gestreift, mit schmalem $\{211\}$. Oft hohl, mit Einschlüssen anderer Mineralien. Stark doppelbrechend, mit zonarer Structur und Felderteilung.

Idokras. Blaßgelbliche bis farblose Prismen (bis $10 \times 1$ mm); $m\{110\}$, $p\{111\}$?. Doppelbrechung schwach. Zweiaxig. $2E = 0^0—10^0$.

Epidot. Gut ausgebildete grünlichbraune bis grünlichpurpurne Prismen (bis 4 cm). $a\{100\}$, $c\{001\}$, $r\{10\bar{1}\}$. Pleochroïtisch; Schwingungen $\parallel$ pflaumenfarbig, $\perp$ gelblichgrün.

Chlorit. Tiefgrün (wohl Pennin).

Daneben ein wenig Axinit, Flußspat, Pyroxen u. a. pneumatolytische Mineralien.

Ref.: H. L. Bowman.

**9. A. B. Dick** (in London): **Ergänzende Notizen über den Kaolinit** (Min. Mag. **1908**, **15**, 124—127).

Der früher vom Verf. (diese Zeitschr. **17**, 523) und von Miers (ebenda, sowie **20**, 519) beschriebene krystallisierte Kaolinit aus Anglesey ist weiter untersucht worden.

Die Krystalle sind optisch positiv, mit der ersten Mittellinie senkrecht auf (010). Die zweite Mittellinie tritt durch (001) aus.

$2E = 121^0$. Mittlerer Brechungsindex = 1,563; woraus $2V = 68^0$ (approx.).

Auslöschung auf (010) = $15^0$—$20^0$ (?) gegen die Basis. Doppelbrechung: $(\gamma - \beta) = 0{,}004$, $(\beta - \alpha) = 0{,}002$ (approx.).

Weitere britische Fundorte für krystallisierten Kaolinit sind 1) Hambleton-Steinbruch bei Bolton Abbey, Yorkshire, (gute Krystalle in Gängen in Carbonkalk); 2) in einem Bleierzgang in Carbonsandstein unweit Newcastle-on-Tyne; 3) zwischen den Körnern des »Millstone Grit« zu Congleton, Cheshire. Die Krystalle von diesen Fundorten, sowie diejenigen von der National Bell-Grube in Colorado zeigen gleiche optische Eigenschaften, wie oben.

Die als Nakrit bezeichnete Abart ist optisch negativ (wie von Des Cloizeaux angegeben wurde), mit der ersten Mittellinie fast senkrecht auf (001) und $2E = 103^0$. Sie hat aber gleiche Zusammensetzung, Härte, Dichte und Brechung wie die Krystalle aus Anglesey. Es gibt demnach zwei verschiedene Varietäten von Kaolinit.

Ref.: H. L. Bowman.

**10. F. H. Butler** (in London): **Über Kaolinbildung und andere Umwandlungsprocesse in den Gesteinen West-Englands** (Min. Mag. 1908, 15, 128—146).

Der Verf. hält die Theorie der pneumatolytischen Bildung des Kaolins aufrecht.

Die Kaolinbildung wird der Wirkung von kohlensäurehaltigem Wasser bei hoher Temperatur, vor der Abkühlung des Granits, zugeschrieben. Darauf folgte eine Bildung von Flußspat, sowie etwas Entkaolinisierung durch fluor- und borsäurehaltiges Wasser, unter Turmalinbildung und Verkieselung resp. Bildung von secundärem Glimmer und Topas, sowie von Zinnstein und Wolframit.

Gegen die Entstehung des Kaolins durch Verwitterung spricht u. a. folgendes: 1) der kaolinisierte Granit ist manchmal von unzersetztem Granit bedeckt und wird nach der Tiefe zu weicher; 2) die Regenmenge ist in den kaolinführenden Gegenden nicht außerordentlich groß; auch ist in denselben die Verbreitung der Kaolinlagerstätten eine ganz unregelmäßige; 3) während und nach der Kaolinisierung sind mehrere Mineralien entstanden, welche nicht in der Nähe der Oberfläche gebildet worden sein können (z. B. Turmalin, Flußspat, Zinnstein, Topas).

Ref.: H. L. Bowman.

**11. L. Fletcher** (in London): **Über die Möglichkeit des Vorhandenseins einer Nickeleisenverbindung ($Fe_5Ni_3$) im Meteoreisen von Youndegin und im Meteorstein von Zomba** (Ebenda 147—152).

Im Laufe seiner Untersuchung der Meteorsteine von Makariwa und Zomba (Min. Mag. 1894, 10, 287; 1900, 13, 1) hat der Verf. gefunden, daß bei der Extraction des Pulvers mit Quecksilberammoniumchlorid das Verhältnis $\frac{Ni}{Fe}$ in den aufeinanderfolgenden Auszügen zunahm; es wurde dies dadurch erklärt, daß das Eisen stärker verrostet war, als das Nickel, und daß der noch vorhandene Rest des metallischen Eisens vom Lösungsmittel schneller angegriffen wurde als derjenige des Nickels.

Diese Erklärung hat sich nunmehr als unhaltbar erwiesen, und die Erscheinung wird jetzt dem Vorhandensein verschiedener Nickeleisenlegierungen zugeschrieben, wovon die eine, mit ungefähr 38,5 % *Ni*, nur langsam angegriffen wird.

Diese hat die gleiche Zusammensetzung wie der vom Verf. mit Salzsäure aus dem Meteoreisen von Youndegin (Min. Mag. 1899, 12, 171) isolierte Taenit, welcher 38,13 % *Ni* enthält.

Die Resultate des Verfs. dienen zur Stütze der von S. W. J. Smith (siehe dieses Heft S. 677) aufgestellte Hypothese, daß der gewöhnliche, mechanisch isolierte Taenit (mit 25—50 % *Ni*) eine eutektische Mischung eines nickelarmen Bestandteiles (Kamazit) mit einem nickelreicheren (mit etwa 37 % *Ni*) ist. Der Kamazit mit 6—7 % *Ni* würde der Formel $Fe_{15}Ni$, der nickelreichere Bestandteil dagegen $Fe_5Ni_3$ (mit 38,61 % *Ni*) entsprechen. Die aus dem Youndegin-Eisen mit Salzsäure isolierten Taenitblättchen zeigten eine lamellare Structur, wie zu erwarten wäre, wenn dünne Kamazitlamellen aus einer innigen Mischung mit dem Taenit durch das Lösungsmittel entfernt worden waren.

Ref.: H. L. Bowman.

**12. G. F. H. Smith** (in London): **Notiz über synthetischen Korund und Spinell** (Min. Mag. 1908, 15, 153—155).

Die birnenförmigen »boules« des nach dem Verneuil'schen Verfahren aus Ammoniakalaun hergestellten synthetischen Korunds bestehen je aus einem Krystall, dessen Hauptaxe parallel mit dem Kerne der Birne liegt. Die seitliche Oberfläche der Birne ist glatt und glasig, das obere (d. h. breite) Ende aber rauh mit einem drusigen Netzwerke feiner Linien, welche sich unter 60° schneiden. Am Goniometer geben diese Linien Reflexe, welche dem Rhomboëder $r\{100\}$ entsprechen. Der Stengel der Birne, wo sie von der Stütze abgebrochen ist, zeigt an der Bruchstelle manchmal eine gute Absonderung nach $c\{111\}$.

Die Brechungsindices, Doppelbrechung, Dichroïsmus, Härte usw. sind genau wie beim natürlichen Korund.

Reiner Ammoniakalaun liefert farblose Steine; zur Bildung rot oder rosa gefärbter Steine setzt man etwas Chromalaun zu.

Eine hellblaue »boule« von derselben Gestalt wurde isotrop gefunden, mit einem Brechungsindex $n = 1{,}727$ (*Na*-Licht), und wurde als Spinell bestimmt. Dieselbe zeigte an dem breiten Ende Linien, welche sich in der Mitte rechtwinkelig, aber an gewissen Stellen auf den Seiten unter 60° kreuzen. Die Messung wies Oktaëder und Würfel nach. Diese »boule« enthielt $Al_2O_3$ und *MgO* mit einer Spur von *CoO*.

Ref.: H. L. Bowman.

**13. H. L. Bowman** (in Oxford): **Über die Structur des Perowskits von der Burgumer Alpe, Pfitschtal, Tirol** (Ebenda 156—176).

Durchsichtige Krystalle des Perowskits von der Burgumer Alpe sind vom Verf. durch Ätzung und optische Methoden untersucht worden, um die Frage zu entscheiden, ob der Perowskit wirklich zum regulären System gehört (nach der Ansicht von A. Ben-Saude), während die Doppelbrechung von Spannungen herrührt, oder ob er niedrigere (rhombische oder monokline) Symmetrie besitzt, wie Des Cloizeaux, Baumhauer, Tschermak, Mallard u. a. vermutet haben.

Die Krystalle sind von würfeliger Gestalt, mit dem scheinbaren »Würfel« als herrschende Form, oft mit »Dodekaëder« und bisweilen »Oktaëder« an den Kanten und Ecken. Die »Würfel«flächen zeigen stets eine Streifung nach den »Würfel«kanten in der Weise, daß die Streifen auf verschiedenen Teilen einer Fläche aufeinander senkrecht stehen.

Die Krystalle wurden mit Flußsäure geätzt und es wurden dann Platten nach den »Würfel«- und »Oktaëder«flächen und einer Fläche nahe {320} (bezogen auf reguläre Axen) so geschnitten, daß die geätzten Flächen erhalten blieben.

Platten nach den »Würfel«flächen zeigten Ätzfiguren von zweierlei Typus: 1) rechteckige oder rhombische, 2) lineare, parallel den Würfelkanten liegende Grübchen, und waren in Felder von zwei Arten (*C*, *M*), unterschieden nach der Form der Grübchen und den optischen Erscheinungen, geteilt.

Die Grübchen vom Typus 1) tragenden *C*-Felder zeigten deutliche Auslöschung nach den Diagonalen der Würfelfläche, aber keine Farben zwischen gekreuzten Nicols, sowie keine Interferenzerscheinungen in convergentem (auch *Na*-)Lichte, sondern nur verwaschene Spuren von symmetrisch sich bewegenden Isogyren, entsprechend einer zweiten oder dritten Mittellinie.

Die Grübchen vom Typus 2) tragenden *M*-Felder dagegen zeigten Farben niedriger Ordnung und eine deutliche, normal austretende optische Axe (zweiaxig), mit der Axenebene parallel einer Würfelkante, und zwar auch mit der Länge der Grübchen.

Die optische Axe ist stark dispergiert auf die Weise, daß der Büschel auf seiner positiven Seite rot gefärbt ist.

Die Grenzlinien zwischen den *C*- und *M*-Feldern wurden über die Kante auf die benachbarte »Würfel«fläche verfolgt, und man konnte feststellen, daß ein *M*-Feld, auf dem die Grübchen parallel mit der betreffenden Kante liegen, von einem zweiten gleich orientierten *M*-Feld begleitet ist, während ein *M*-Feld dessen Grübchen senkrecht zur Kante, von einem *C*-Feld begleitet ist und umgekehrt.

Mittels Totalreflexion im Inneren des Krystalles wurden die Streifen auf einem *C*-Feld als die Ausgehenden von senkrecht zur Fläche (also parallel mit der anderen »Würfel«fläche) gelagerten Lamellen erkannt, während die gegenseitige Lage der darauf befindlichen rhombischen Grübchen, sowie die Compensation mit einem Quarzkeile mit der Annahme übereinstimmten, daß sich die Lamellen in Zwillingsstellung nach der damit parallelen »Würfel«fläche befinden.

Die Winkel der rhombischen Grübchen schwanken zwischen etwa $75^0$ und $88^0$ (oder $90^0$), aber die Neigung der Diagonalen zu den »Würfel«kanten ist wohl stets, innerhalb der Beobachtungsfehler, $45^0$.

Die Schwingungsrichtung des stärker gebrochenen Strahles ist stets die längere Diagonale der Grübchen.

Auf einem *M*-Feld sind ebenfalls die Streifen scheinbar die Ausgehenden von Lamellen nach den »Würfel«flächen. Auf diesen Feldern sind die linearen Grübchen parallel mit der Streifung.

Eine »Würfel«fläche mit linearen Grübchen zeigt bisweilen eine oder mehrere diagonale Grenzlinien, auf dessen beiden Seiten die Grübchen senkrecht aufeinander liegen.

Die Grenze zwischen einem *M*- und einem *C*-Felde ist meistens gegen die »Würfel«kante um $4\frac{1}{2}^0$ bis $8^0$ geneigt, kann aber auch parallel damit sein.

Eine Platte nach der Fläche {320} zeigt eine um etwa $10^0$ zu den verticalen Kanten geneigte Streifung und trägt dreieckige Grübchen mit krummen Kanten von zweierlei Gestalt: die eine unsymmetrisch, die andere mit einer horizontalen Symmetrieebene. Diese Streifung stellt Lamellen dar, welche etwas von der Richtung einer »Würfel«fläche abweichen. Hier und da sind dieselben

von schmäleren Lamellen gewöhnlicher Art (also parallel mit den »Würfel«flächen) durchsetzt. Die Lamellen mit symmetrischen Grübchen zeigen eine negative Mittellinie mit horizontaler Axenebene.

Eine Platte nach dem »Oktaëder«, ohne merkliche Zwillingslamellen, zeigt gleichschenkelig-dreieckige Grübchen, während auf zwei der umgebenden »Würfel«flächen lineare Grübchen (*M*-Felder), auf der dritten rhombische Grübchen (*C*-Feld) auftreten.

Die oben erwähnten Eigenschaften, obwohl sie von den von Hessenberg, vom Rath und C. Klein für Krystalle von demselben Fundorte angegebenen stark abweichen, stimmen gut mit denen der Krystalle von Zermatt und vom Ural überein und bestätigen, in ihren Hauptzügen wenigstens, die Ansicht Baumhauer's, daß der Perowskit nur mimetisch-regulär und zwar wahrscheinlich rhombisch sei, wobei der scheinbare »Würfel« eine Combination (bezogen auf rhombische Axen) $M\{110\}$, $C\{001\}$, mit Zwillingsbildung nach $\{110\}$ und $\{111\}$, sein würde.

Die relative Lage der Ätzgrübchen auf benachbarten *C*- und *M*-Feldern zeigt, daß bei einer Zwillingsbildung nach $\{111\}$ die Zusammensetzungsebene nicht mit der Zwillingsebene, sondern nahe mit der Fläche $\{1\bar{1}0\}$ parallel liegen würde. Die betreffende Beziehung kann jedoch ungezwungener ausgedrückt werden durch eine Viertelumdrehung um die pseudotetragonale Axe senkrecht auf $\{110\}$ nach dem von Mallard aufgestellten Princip. Jedenfalls hat die Zusammensetzungsebene scheinbar nicht rationale Indices und kann auch in verschiedener Beziehung zu den beiden Individuen stehen. Die diagonale Grenze zwischen zwei *M*-Feldern kann jedoch nur mit Hilfe der Zwillingsbildung nach $\{111\}$ erklärt werden.

Es deuten allerdings gewisse vereinzelte Beobachtungen darauf hin, daß dem Perowskit ein niedrigerer Grad der Symmetrie als der rhombische zukomme; aber seine Eigenschaften stimmen soweit mit rhombischer Symmetrie überein, daß er zurzeit am besten zu diesem System gerechnet werden kann nach folgender Zusammenstellung:

Krystallsystem: Rhombisch (?) — pseudoregulär.

$$a : b : c = 1 : 1 : 0{,}7071 \text{ (approx.)}.$$

Wichtige Formen: $M\{110\}$, $C\{001\}$ = »Würfel«.
$a\{100\}$, $b\{010\}$, $\{111\}$ = »Dodekaëder«.
$\{201\}$, $\{021\}$ = »Oktaëder«.
$\{510\}$, $\{223\}$, $\{332\}$ (?) usw.

Die Krystalle zeigen stets Lamellen infolge von Zwillingsbildung 1) durch eine halbe Umdrehung um die Normale auf $\{110\}$, 2) durch eine Viertelumdrehung um dieselbe Axe, 3) durch eine halbe Umdrehung um die Normale auf $\{111\}$.

Optische Axenebene $C = (001)$. $2V = 90^0$ (approx.). Negative Mittellinie ($\alpha$) senkrecht auf (100). Starke Dispersion der Axen; um die positive Mittellinie $\varrho > v$. Doppelbrechung mäßig $(\gamma - \alpha) = 0{,}017$.

Ref.: H. L. Bowman.

**14. H. L. Bowman** (in Oxford): **Ein Nebenapparat zum Gebrauch mit dem Goniometer bei der Messung von Krystallen mit zusammengesetzten (gestreiften) Flächen** (Min. Mag. 1908, **15**, 177—179).

Der Apparat besteht aus einem mit einem Nadelstich versehenen Schirm aus Metallblech, welcher dicht vor dem Krystall zwischen diesem und dem Colli-

mator aufgestellt und mittels Feinstellbewegungen justiert werden kann. Mit seiner Hilfe kann das von einer beliebigen Lamelle resp. Stelle einer gestreiften Fläche kommende Bild des Signals bequem isoliert und aus dem verworrenen Bilderhaufen identificiert werden. Auf diese Weise können scharfe Reflexe von Lamellen, deren Breite $\frac{1}{20}$ mm nicht übertrifft, erhalten werden.

Ref.: H. L. Bowman.

**15. T. H. Havelock** (in ?): **Über die Dispersion der Doppelbrechung in ihrer Beziehung auf die Structur der Krystalle** (Proc. Roy. Soc. 1908, 80A, 28—44).

Der Verf. erörtert die Frage, inwieweit es nach der elektromagnetischen Lichttheorie möglich ist, die Doppelbrechung durch eine äolotrope Lagerung gleicher Partikel zu erklären.

Eine Theorie eines äolotropen Systems von isotropen Molekülen vermag zwar die Doppelbrechung in einfachen Krystallen, sowie die künstlich erzeugte Doppelbrechung isotroper Körper zu erklären, aber sie kann nicht alle die verschiedenen in den Krystallen auftretenden Dispersionen deuten. Jedoch durch die Annahme einer äolotropen Lagerung von krystallinischen Molekülen ist es möglich, die Dispersion der Doppelbrechung auch bei solchen Krystallen, wie Brookit und Apophyllit, zu erklären.

Ref.: H. Hilton.

**16. C. A. Parsons** (in Newcastle-on-Tyne) und **A. A. C. Swinton** (in London): **Die Umwandlung von Diamant in Koks durch Kathodenstrahlen im hohen Vacuum** (Ebenda 184—185).

Durch die Wirkung der Kathodenstrahlen im hohen Vacuum wird der Diamant bei 1890° C. unter großer Volumenzunahme rasch in einem koksartigen Körper umgewandelt.

Ref.: H. L. Bowman.

**17. W. J. Sollas** (in Oxford): **Über die innere Structur der Krystalle. Sechste Mitteilung. Die Titansäure, ihre Polymorphie und Isomorphie** (Ebenda 267—280).

Die frühere Arbeit des Verfs. (diese Zeitschr. 37, 291) wird nunmehr auf die drei Modificationen der Titansäure erweitert.

Das Krystallmolekül wird in jedem der drei Mineralien als $Ti_2O_4$ (nach Analogie mit $ZrSiO_4$) angenommen, wobei die Atome eine Bipyramide mit den $Ti$-Atomen an den Polecken bilden.

Im metallischen Titan ist das Atomvolumen 13,4, woraus sich (unter Annahme einer kubischen Anordnung) der Durchmesser des Titanatoms $(D) = 2{,}375$ berechnet. Für das Atomvolumen von Sauerstoff wird 5,5 als wahrscheinlichster Wert angenommen, wonach der Durchmesser $(d) = 1{,}765$ (es ist dies allerdings etwas kleiner als der früher angenommene Wert 1,89).

Anatas. Die vier Sauerstoffatome werden zunächst quadratisch aneinander gelegt, mit den Titanatomen oben und unten eine tetragonale Bipyramide bildend. Die $O$-Atome benachbarter Moleküle liegen in einer Ebene mit quadratischer Anordnung. Die oberen Titanatome einer Molekülschicht liegen in einer Ebene mit den unteren Atomen der daraufliegenden Schicht, ebenfalls mit quadratischer Anordnung, jedoch einander nicht berührend. Mit dieser Anordnung würde das Volumen einer Gruppe $TiO_2 = 20{,}58$ (beobachtet 20,68). Wenn

die Sauerstoffatomreihen als Axen gewählt werden, so ist $a:c = 1:1{,}871$ (beob. $1:1{,}778$).

Durch eine leichte Zusammenziehung der Titanatome nach der Verticalaxe und Ausbreitung der $O$-Atome in der dazu senkrechten Ebene wird das Axenverhältnis in noch nähere Übereinstimmung mit der Beobachtung gebracht.

Die Spaltbarkeit des Anatases nach $\{111\}$ und $\{001\}$ ist durch die angenommene Structur erklärlich.

Rutil. Im Rutilmolekül sind die Titanatome noch weiter — bis zur Berührung — zusammengezogen. Die beiden Titanatome eines Moleküls sind nun nicht mehr vertical, sondern horizontal gestellt, und zwar parallel einer Kante $(110):(001)$, während die dazugehörenden $O$-Atome horizontale Reihen bilden parallel $(1\bar{1}0)$. Die *Ti*-Atome benachbarter Moleküle sind in Contact miteinander und bilden eine horizontale Schicht mit quadratischer Anordnung, während die $O$-Atome ebenfalls quadratisch angeordnete Schichten bilden. Dieser Anordnung entspricht ein Molekularvolumen 18,375 (beob. 18,3—19) und ein Axenverhältnis $a:c = 1:0{,}6442$ (beob. $1:0{,}6442$).

Die regelmäßige Verwachsung von Rutil auf der Basis von Hämatit steht vielleicht im Zusammenhang mit der pseudohexagonalen Anordnung der Atome in der Ebene $(100)$.

Brookit. Die *Ti*-Atome sind hier nicht ganz in Berührung miteinander und die dazugehörenden $O$-Atome sind rechteckig, nicht quadratisch, angeordnet, und zwar in einer $(010)$ parallelen Ebene. Die allgemeine Lagerung der Moleküle ist wie bei Rutil.

Werden die Abstände zwischen den Atomen so gewählt, daß die Parameter $a$ und $c$ mit den entsprechenden topischen Axen übereinstimmen (d. h. 2,4644 resp. 2,7661), so wird der dritte Parameter ($b$) 2,9468 (beob. 2,9304). Das Molekularvolumen liegt dann auch innerhalb der Grenzen der beobachteten Werte.

In jedem der drei Mineralien fällt die Axe der größten optischen Elasticität mit der Verbindungslinie der beiden, einem bipyramidalen Molekül angehörenden *Ti*-Atome zusammen. Die Beziehung zwischen der thermischen Ausdehnung und der Structur wird ebenfalls behandelt.

Zinnstein. Wenn man für den Zinnstein die gleiche Structur, wie für Rutil, und für den Durchmesser des *Sn*-Atoms 2,535 (diese Zeitschr. **32**, 284) annimmt, so wird das Volumen 21,96 (beob. 21,2—22,5) und das Axenverhältnis $a:c = 1:0{,}6355$ (beob. $1:0{,}672$).

Ref.: H. L. Bowman.

**18. U. Behn** (in Manchester): **Über die polymorphen Umwandlungen von Ammoniumnitrat** (Proc. Roy. Soc. 1908, 80A, 444—457).

Sowohl durch dilatometrische und thermische Methoden als durch krystallographische Versuche hat der Verf. die von Wallerant gemachte Angabe (diese Zeitschr. **43**, 592), daß die beiden tetragonalen, zwischen 83° und 126° resp. unterhalb —16° C. stabilen Modificationen von Ammoniumnitrat identisch sind, zu prüfen versucht.

Die Stabilitätsgrenzen der verschiedenen Modificationen dieses Salzes sind folgende: Tetragonal, unterhalb —16° C.; rhombisch (pseudotetragonal) —16° bis +32°; monoklin (pseudotetragonal) 32°—83°; tetragonal 83°—126°; regulär 126°—166°; Schmelzp. 166°.

Die dilatometrischen Ausdehnungscurven der beiden tetragonalen Modificationen liegen beinahe, aber nicht genau auf einer Geraden.

Die specifischen Wärmen, sowie die Umwandlungswärmen sind für die Annahme der Identität etwas ungünstig, aber nicht entscheidend.

Bei der Krystallisation von wässerigen Lösungen in der Nähe von 100° C., sowie von alkoholischen Lösungen bei —30°C. entstanden in beiden Fällen Krystallskelette mit tetragonaler Ausbildung. Aber weder diese Versuche, noch Färbungsversuche mit verschiedenen Farbstoffen lieferten einen Beweis der Identität oder Nichtidentität der beiden Modificationen.

Ref.: H. L. Bowman.

**19. Sir W. Crookes** (in London): **Über das Scandium** (Proc. Roy. Soc. 1908, 80A, 516—518).

Aus 50 auf Scandium untersuchten Mineralien der seltenen Erden wurde dieses nur in Auerlith, Cerit, Keilhauit, Mosandrit, Orangit, Orthit, Pyrochlor, Thorianit, Thorit und Wiikit aufgefunden. Außer im Wiikit ist stets weniger als 0,01 % Scandium vorhanden.

Wiikit (ohne Fundortsangabe) ist schwarz, amorph. Dichte 4,85; Härte 6; vor dem Lötrohre unschmelzbar.

Approximative Analyse: ($Ta_2O_5 + Nb_2O_5$) 15,91, ($TiO_2 + ZrO_2$) 23,36, ($Ce_2O_3$ usw.) 2,55, ($Y_2O_3$ usw.) 7,64, $Sc_2O_3$ 1,17, $ThO_2$ 5,51, $FeO$ 15,52, $UO_3$ 3,56, $SiO_2$ 16,98, ($H_2O$ und Gase) 5,83, ($Ca$, $Mn$, $Sn$, $S$ usw. nicht bestimmt) 1,97; Summe = 100,00.

Ref.: H. L. Bowman.

**20. G. Jerusalem** und **W. J. Pope** (in Manchester): **Über die Beziehung zwischen Krystallform und chemischen Eigenschaften der Pikrylderivate** (Ebenda 557—566).

Es werden eine Anzahl von Pikrylderivaten erörtert an der Hand der Barlow-Pope'schen Structurtheorie.

Von Pope ist schon früher gezeigt worden, daß die Structur von Benzol durch eine jede von zwei Gruppierungen, welche sich von der hexagonalen resp. von der regulären Modification des dichtgedrängten Kugelhaufens ableiten lassen, dargestellt werden kann, sowie daß diese beiden Structurarten unter den einfachen Benzolderivaten erkennbar sind. Durch die Substitution werden in den Derivaten hauptsächlich die der $a$- und $b$-Axe des Benzols entsprechenden Parameter beeinflußt.

Diese Beziehung wird nun durch die Pikrylderivate bestätigt, wodurch die Annahme eine Bestätigung erhält, daß in den Krystallen des hexagonalen Typus die $C$-Atome säulenartig nach der $c$-Axe des Benzolkrystalls gelagert und von den substituierenden Gruppen in der dazu senkrechten Ebene umgeben sind.

Folgende krystallographische Daten werden angegeben:

Pikrinsaures Ammonium $C_6H_2$-1:3:5-$(NO_2)_3$-$ONH_4$.

Große, durchsichtige, hellgelbe Krystalle von hexagonalem Habitus aus Aceton.

Krystallsystem: Rhombisch.

$$a : b : c = 1{,}8914 : 1 : 1{,}3871.$$

Beobachtete Formen: $a\{100\}$, $c\{001\}$, $r\{201\}$, $q\{021\}$, $o\{111\}$.

| | |
|---|---|
| $cr = (001):(201) = 55^0\,42'\,50''$ | $ao = (100):(111) = 66^0\,47'\,10''$ |
| $co = (001):(111) = 57\ 29\ 30$ | $ro = (201):(111) = 51\ \ 3\ 50$ |
| $oq = (111):(021) = 27\ 55\ 10$ | $cq = (001):(021) = 70\ 10\ 40$ |

Spaltbarkeit vollkommen nach $a\{100\}$.

Optische Axenebene $\parallel a\{100\}$, erste Mittellinie $\parallel b$-Axe. Dispersion stark, $\varrho > v$.

Styphninsäure $C_6H(OH)_2$-1 : 3 : 5-$(NO_2)_3$.

Strohgelbe Prismen aus Alkohol.

Krystallsystem: Hexagonal.

$$a : c = 1 : 1{,}3890.$$

Beobachtete Formen: $\{10\bar{1}1\}$, $\{10\bar{1}0\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{0001\}$.

$(10\bar{1}1) : (01\bar{1}1) = 50^0\,12'\,40''$, $(0001) : (01\bar{1}1) = 58^0\,3'\,20''$,
$(11\bar{2}0) : (01\bar{1}1) = 42\ 42\ 10$.

Optisch einaxig, Doppelbrechung stark, negativ.

Ref.: H. L. Bowman.

**21. R. J. Strutt** (in London): **Helium und Radioactivität in seltenen und in gewöhnlichen Mineralien** (Proc. Roy. Soc. 1908, 80A, 572—594).

Das Helium ist in fast allen Mineralien nachweisbar. Es darf meistens vorhandenen kleinen Mengen von Uran resp. Radium oder von Thor zugeschrieben werden, nur mit Ausnahme von Beryll.

Beryll von Ackworth, New Hampshire, enthält 1,68 ccm Helium pro 100 g, dessen Ursprung noch nicht erklärt worden ist. Ref.: H. L. Bowman.

**22. R. M. Deeley** (in Derby): **Über die Zähigkeit des Eises** (Ebenda 81A, 250—259).

Der Verf. erörtert die Versuche von J. C. Mc Connel über die Biegung von Eisstäben (diese Zeitschr. **20**, 515) und vergleicht sie mit einigen von ihm mit einem Pechstabe erhaltenen Resultaten. Er zieht daraus den Schluß, daß das Gleiten nach der Basis, welches man in einem Eiskrystalle hervorbringen kann, sehr annähernd den Gesetzen der Strömung einer zähen Flüssigkeit folgt.

Ref.: H. L. Bowman.

**23. R. J. Strutt** (in London): **Über das in den Mineralien der Salzlagerstätten vorhandene Helium und dessen wahrscheinliche Beziehung zum Kalium** (Ebenda 278—279).

Es wurden in Mineralien der Staßfurter Salzlagerstätten die im Folgenden angegebenen Mengen Helium und Uran nachgewiesen. Das Helium wurde durch Auflösung des Minerals in Wasser erhalten, worauf das Uran durch Auskochen der in einer bestimmten Zeit entwickelten Radiumemanation bestimmt wurde.

| | $\frac{\text{ccm } He}{100\text{ g}}$ | $\frac{\text{g } U_3O_8}{100\text{ g}}$ | $\frac{\text{ccm } He}{\text{g } U_3O_8}$ |
|---|---|---|---|
| Steinsalz $NaCl$ | 0,0233 | $7{,}1 \times 10^{-6}$ | 3,3 |
| Sylvin $KCl$ | 0,55 | $2{,}15 \times 10^{-6}$ | 256,0 |
| Carnallit $KMgCl_3 . 6H_2O$ | 0,151 | $3{,}23 \times 10^{-6}$ | 47,0 |
| Kieserit $MgSO_4 . H_2O$ | 0,0179 | $6{,}47 \times 10^{-5}$ | 0,277 |

Kainit, Krugit, Astrakanit, Langbeinit, Polyhalit, Schönit, Tachyhydrit enthalten eine verhältnismäßig viel kleinere Menge Helium.

Der große Heliumgehalt von Sylvin und Carnallit kann nicht vom Uran herrühren und ist wahrscheinlich aus dem Kalium entstanden.

Ref.: H. L. Bowman.

24. S. W. J. Smith (in London): **Die thermomagnetische Analyse von meteorischen und künstlichen Nickel-Eisenlegierungen** (Phil. Trans. Roy. Soc. 1908, 208 A, 21—109).

Der Verf. hat die Variation der magnetischen Permeabilität eines aus dem oktaëdrischen Meteoreisen von Sacramento geschnittenen Ringes bei verschiedenen Temperaturen untersucht und mit denen eines Nickelstahlringes verglichen.

Er schließt sich der Ansicht Osmond's u. a. an, daß das Verschwinden des Magnetismus bei der Erwärmung auf eine bestimmte Temperatur und das Wiederkehren desselben bei der Abkühlung einer Umwandlung von magnetischen Krystallen zu einer nichtmagnetischen festen Lösung, resp. der Bildung von Krystallen aus dieser, zuzuschreiben sei.

Die Resultate werden unter Zuhilfenahme der Roozeboom'schen Theorie der festen Lösungen erörtert. Die Tatsache, daß bei Legierungen mit weniger als 27% *Ni* ein bedeutender Unterschied besteht zwischen den Temperaturen des Verschwindens und Wiederkehrens des Magnetismus (»nichtreversibele Legierungen«), während bei den nickelreicheren (»reversibelen«) Legierungen kein derartiger Unterschied existiert, ist zu erklären durch die Existenz zweier Reihen von Mischkrystallen (A und B), welche bei 27% *Ni* ein Eutecticum bilden und von welchen die nickelreicheren »reversibel«, die nickelärmeren »nichtreversibel« sind (siehe unten).

Die allmähliche Änderung der Permeabilität der Legierungen mit der Temperatur rührt nach dem Verf. von der fortwährenden Änderung der Zusammensetzung der sich aus der festen Lösung ausscheidenden Mischkrystalle her und kann daher als Anzeichen des krystallinischen Zustandes der Legierung verwendet werden.

Die Widmannstätten'schen Figuren treten nur bei Legierungen (meteorischen oder künstlichen) von zwischen 6% und ungefähr 15% Nickelgehalt auf. Die (selteneren) Meteoreisen außerhalb dieser Grenzen erscheinen homogen. Legierungen mit weniger als 6% *Ni* sind homogene Mischkrystalle, und zwar die der A-Reihe. Die Figuren bestehen aus einem Gemenge der 6%igen Mischkrystalle (= Kamazit) mit dem Taenit, welcher nach dem Verf. das Eutecticum darstellt, bestehend aus der nickelreichsten Mischung der Reihe A mit der nickelärmsten von B. Meteoreisen von San Cristobal mit 26,5% *Ni* zeigt eine mit der des bekannten Perlit-Eutecticums sehr ähnliche Structur.

Das Kamazit-Taenitgerüst der Nickel-Eisenlegierung zeigt eine große Ähnlichkeit mit der Ferrit-Perlitstructur des Stahles.

Die Analysen des Taenits, sowie die Tatsache, daß mechanisch ausgelesener Taenit nur 27% *Ni*, während der mit Salzsäure isolierte 35—40% *Ni* enthält, sind zu erklären durch die Annahme, daß der Taenit ein Gemenge ist von Kamazit (mit 6% *Ni*) und den *Ni*-ärmsten Mischkrystallen der B-Reihe (mit ungefähr 40% *Ni*).

Die Nichtreversibilität der Permeabilitätsänderungen bei gewissen Nickel-Eisenlegierungen führt der Verf. auf einen mit der von Miers untersuchten Krystallisation in labilen resp. metastabilen Lösungen analogen Vorgang zurück.

Die experimentellen Resultate werden ausführlich behandelt und können auf diese Weise vollkommen erklärt werden.

Das Eutecticum ist noch nicht in einer künstlichen Legierung von der entsprechenden Zusammensetzung (27% *Ni*) beobachtet worden. Die Differentiation der festen Lösung in die Bestandteile des Taenits im Meteoreisen hat wahrscheinlich eine sehr langsame Abkühlung benötigt.

Die grobe Verteilung von Kamazit und Taenit im Meteoreisenring wurde durch die wiederholte Erhitzung (oft bis auf 800°—900° C.) während der Untersuchung nicht geändert, obwohl die innere Structur des Taenits eine gewisse Änderung erlitten zu haben schien. Jedoch würde wahrscheinlich eine sehr ausgedehnte Erhitzung das Kamazit-Taenitgemenge in eine homogene Mischung, welche sich nach der Abkühlung wie eine künstliche Mischung von der gleichen Zusammensetzung verhalten würde, umwandeln. Ref.: H. L. Bowman.

**25. A. Hutchinson** (in Cambridge): **Die chemische Zusammensetzung und die optischen Eigenschaften von Dolomitkrystallen aus Algier** (Brit. Assoc. Rep. 1908, 701).

Schöne Dolomitkrystalle von Biskra haben folgende Zusammensetzung: *CaO* 30,31, *MgO* 21,62, *FeO* 0,75, $CO_2$ 47,45; Summe = 100,13.

Die Brechungsindices sind:

| | *Li* | *Na* | *Tl* |
|---|---|---|---|
| $\omega$ | 1,5002 | 1,5022 | 1,5042 |
| $\varepsilon$ | 1,6767 | 1,6813 | 1,6855 |

Ref.: H. L. Bowman.

**26. R. M. Deeley** (in Derby): **Über Gletscherkörner** (Geol. Mag. 1908, 5, 525).

Die an der Oberfläche der mehr oder weniger deformierten Krystallkörner von Gletschereis zu beobachtende Streifung ist stets parallel mit der Ebene der sogenannten Tyndallschen Eisblumen, also senkrecht zur Hauptaxe des Eiskrystalles.

Ref.: H. L. Bowman.

**27. T. Crook** (in London): **Über den Gebrauch des Electromagneten in der Petrographie** (Science Progress 1907, 2, 30—50).

**Derselbe: Einfache Form des permanenten Magneten zur Trennung schwach-magnetischer Mineralien** (Geol. Mag. 1908, 5, 560—561).

Zur Trennung der schwach-magnetischen Bestandteile von Sanden und gepulverten Gesteinen empfiehlt der Verf. einen U-förmigen Electromagnet aus 2,5 cm starkem Rundeisen, dessen verticale Schenkel etwa 15 cm lang sind und 7,5 cm voneinander abstehen. Die beiden Pole sind mit verschiebbaren Polstücken versehen, welche durch Schrauben in einem beliebigen Abstand voneinander festgeklemmt werden können. Die Polstücke sind gegeneinander etwas zugespitzt und die Spitzen sind schräg nach unten gebogen, d. h. von der Krümmung des U weg.

Der Strom wird am geeignetsten von einem Achtvoltaccumulator geliefert.

Wo ein Electromagnet fehlt, ist ein 15 cm langer U-förmiger Stahlmagnet von rechteckigem Querschnitt (2,5 × 1,25 cm) zu empfehlen, welcher mit Polstücken

von obiger Gestalt versehen ist. Die Feldstärke kann durch Verschiebung der Polstücke beliebig justiert werden.

Bei der Ausführung einer Trennung sind zunächst Magnetit, Pyrrhotin und stark magnetischer Hämatit mittels eines schwachen Magneten zu entfernen. Wo feines Pulver vorhanden ist, wird das Material am besten in Wasser suspendiert.

Mit ziemlich weit zurückgeschobenen Polstücken werden Ilmenit, Granat, Hornblende, Augit, Hypersthen leicht extrahiert, während bei etwas kleinerem Abstand derselben auch der Monazit ausgelesen werden kann.

Ref.: H. L. Bowman.

**28. A. Hutchinson** (in Cambridge): **Ein Doppelsulfat von Guanidin und Thonerde** (bei F. Ferraboschi, Proc. Cambridge Phil. Soc. 1908, 14, 471 bis 474).

Krystalle von der Zusammensetzung $(CN_3H_5)_2H_2SO_4 . Al_2(SO_4)_3 . 12\ H_2O$, von F. Ferraboschi dargestellt durch Abdampfen einer Mischung äquivalenter Mengen von schwefelsaurem Guanidin und Thonerdesulfat im Vacuum, bilden einfache, kurze, hexagonale Prismen mit der Basis, Durchmesser bis 10 mm.

Krystallsystem: Hexagonal (wahrscheinlich skalenoëdrisch). Spaltbarkeit vollkommen nach der Basis.

Dichte 1,806. Doppelbrechung ziemlich stark.

$$\omega = 1{,}5423, \qquad \varepsilon = 1{,}4540 \ (Na\text{-Licht}).$$

Ref.: H. L. Bowman.

**29. W. M. Page** (in Cambridge): **Über die Variation der Absorptionsstreifen eines Krystalles im Magnetfelde** (Trans. Camb. Phil. Soc. 1908, 20, 291—322).

Der Verf. entwickelt eine mathematische Theorie zur Erklärung des von M. Jean Becquerel beobachteten Einflusses eines Magnetfeldes auf die Absorptionsstreifen von Xenotim (Comptes Rendus 1906, 42, 775; Ausz. in dieser Zeitschr. 45, 109), indem er sich den Krystall als bestehend aus Electronen, welche sich um Punkte unter dem Einfluß von nach dem Abstand variierender Kräfte bewegen, vorstellt.

Unter der Annahme, daß das Magnetfeld eine Orientierung einiger der Krystallmoleküle hervorbringt, ist es möglich, die Beobachtungen Becquerel's zu erklären, mit Ausnahme der Tatsache, daß die Lage eines Krystalles, in welcher die Componenten eines Doppelstreifens planpolarisiert sind, von der Lage der optischen Axe abhängig ist.

Ref.: H. Hilton.

**30. G. Hickling** (in Manchester): **Über die Beschaffenheit und die Entstehung des Porzellanthons [China Clay]** (Trans. Manchester Geol. Soc. 1908, 30, 334).

Die mikroskopische Untersuchung mit starker (bis 2000facher) Vergrößerung lehrt, daß auch der feinst geschlämmte Porzellanthon (aus Cornwall) immer noch neben krystallinischem Kaolinit und Muscovit auch kleine Mengen von Quarz und Turmalin enthält. Der Kaolinit bildet rauhe und gekrümmte sechsseitige Prismen, meistens aber Spaltungsblättchen, welche den Blättchen des Glimmers sehr ähnlich sind.

Der eigentliche Kaolinit konnte nicht zwecks einer Analyse vom Glimmer und Quarz getrennt werden; aber die Bauschanalysen verschiedener Proben von Porzellanthon und kaolinisiertem Granit können sehr genau ausgedrückt werden unter der Annahme einer Mischung von Quarz, Muscovit und Turmalin mit 14 bis 97% (meist 50—70%) Kaolinit von der Zusammensetzung

$$Al_2O_3 . 2\,SiO_2 . 2\,H_2O.$$

Die von J. H. Collins vorgeschlagene Formel $Al_2O_6H_6 . SiO_2 + Al_2O_3 . 3\,SiO_2$ gibt weniger gute Übereinstimmung und ist zu verwerfen.

Erkennbarer Kaolinit wird niemals neben unzersetztem Feldspat gefunden, und Verf. schließt aus seinen Resultaten, daß 1) die den Kaolinit erzeugende Zersetzung des Granits durch Verwitterung und nicht durch pneumatolytische Wirkung verursacht sei und 2) daß der Kaolinit des Porzellanthons (vielleicht mit Ausnahme einiger größerer prismatischer Krystalle) nicht direct aus der Zersetzung des Feldspats, sondern durch pseudomorphe Umwandlung des aus diesem zunächst gebildeten secundären Glimmers entstanden sei.

Ref.: H. L. Bowman.

**31. T. L. Walker** (in Toronto) und **W. H. Collins** (in Ottawa): **Über sapphirinführende Gesteine aus den Hill Tracts, District Vizagapatam, Präsidentschaft Madras** (Records Geol. Surv. India 1907, **36**, 1—18).

Im genannten Gebiet sind Gesteine, welche Sapphirin, Cordierit, Spinell und Hypersthen enthalten, durch die metamorphe Wirkung spinellführender ultrabasischer Eruptivgesteine (Charnockite) auf sillimanitreiche Khondalite, welche die die Charnockit-Tiefengesteinsmasse überlagernden Sedimente darstellen, entstanden. Das Vorkommen ist dem bekannten zu Fiskernäs in Grönland ähnlich.

Der Sapphirin bildet tiefblaue, unregelmäßige bis rundliche, durchscheinende Körner, selten mit Spuren von krystallographischer Begrenzung (Orthopinakoid und Prisma). Dünnschliffe zeigen meist eine deutliche Spaltbarkeit nach dem Klinopinakoid (010). Optische Axenebene parallel (010); erste Mittellinie $\alpha$. Auslöschung auf (010) $15^0 = c : \gamma$ (die $c$-Axe ist durch nadelförmige Spinelleinschlüsse angedeutet). [Nach der Figur des Verfs. soll $\alpha$ $15^0$ mit der (? unbestimmten) $a$-Axe bilden. D. Ref.] Schliffe senkrecht zur ersten Mittellinie sind schwach pleochroïtisch in Nuancen von tiefblau; Prismen- und Pinakoidalschliffe sind tiefblau bis grünlichorange. Doppelbrechung schwach. Mittel aus zwei Analysen des mit schwerer Flüssigkeit getrennten Materials: $SiO_2$ 14,56, $Al_2O_3$ 60,49, $(FeO + Fe_2O_3)$ 7,65, $MgO$ 17,13, [Glüh]verlust 0,56; Summe = 100,39. Dichte 3,542.

Spinell. Große, Magnetitkörner enthaltende, tiefgrüne Körner im Sapphirinschiefer, sowie würfelförmige Einschlüsse im Sapphirin. Analyse des mit $HCl$ und $HF$ gereinigten Materials: $Al_2O_3$ 65,02, $(FeO + Fe_2O_3)$ 22,02, $MgO$ 13,16, $(CaO, MnO)$ Spuren, $SiO_2$ 0,10; Summe = 100,30.

Das Vorkommen des Sapphirin-Spinellschiefers ist dem des Typus I Ussing's, von Fiskernäs, ähnlich und der Sapphirin scheint sich durch gegenseitige Wirkung von Spinell und Sillimanit gebildet zu haben.

Weitere Gesteine aus derselben Reihe bestehen aus Sillimanit, Cordierit, Biotit und Hypersthen. Der Hypersthen zeigt starken Pleochroïsmus (himmelblau bis rot oder rotbraun); aber eine schiefe Auslöschung auf Schliffen, welche nur parallele Spaltungsrisse zeigen, deutet nach den Verff. auf monokline Symmetrie hin.

Gut krystallisierter Sillimanit aus einem Sillimanitschiefer zeigte auf einem Querschnitt schiefe Auslöschung und konnte daher ebenfalls nicht rhombisch sein.

Ref.: H. L. Bowman.

**32. A. W. G. Bleeck** (in München): **Über Rubine in den Kachin Hills, Ober-Birma**[1] (Records Geol. Surv. India 1908, 36, 164—170).

Zu Manwe und zu Naniazeik, in den Kachin Hills in Ober-Birma kommen Rubine in kleiner Menge in einem von dolomitischem Marmor herrührenden Kiese vor.

Der Marmor ist Stinkkalk (er riecht nach Skatol) und enthält folgende Mineralien: Forsterit, Phlogopit, Chondrodit, Granat, Magnetkies, Turmalin, Graphit, sowie selten Apatit und Spinell. In der Nähe desselben befindet sich eine Granitmasse, und beide Gesteine zeigen Quetschungserscheinungen.

Ein Kies von Manwe enthält Spinell (dunkelgrüne bis hellrote Oktaëder, bis 13 mm, und Zwillinge) und roten Korund, welche zweifellos aus dem Marmor stammen (wie bei Mogok und in den Sadschiji Hills bei Mandalay). Die Paragenesis dieser Mineralien mit Forsterit, Chondrodit, Granat usw. deutet auf eine Mitwirkung von Piëzocontactmetamorphose und gewöhnlicher Contactmetamorphose, wobei das Vorkommen einer oder der anderen Mineralgruppe das Vorherrschen der entsprechenden Art der Metamorphose anzeigt.

Der Marmor soll, nach dem Geruch, organischen Ursprungs sein und nicht eine rein chemische Ablagerung, wie von Brown und Judd für den Marmor des Ruby Mines-Districts vermutet wurde.

Ref.: H. L. Bowman.

**33. A. W. G. Bleeck** (in München): **Über Jadeït in den Kachin Hills, Ober-Birma**[2] (Ebenda 254—285).

Der Jadeït bildet zu Tawmaw mit anderen Mineralien einen in Serpentin intrusiven Gang und kommt auch zu Hwéka und zu Mamon im Geröll vor.

In Tawmaw tritt neben dem Jadeït ein mit diesem sehr ähnliches Material (»Pseudojadeït«) auf, welches als ein derber, aus Albit bestehender Feldspatfels mit einer Dichte von 2,577 erkannt wurde. Daselbst findet man auch mit dem Jadeït ein zweites, ganz aus einem dem Glaukophan nahestehenden Natronamphibole gebildetes Gestein, sowie noch ein tiefgrünes dichtes Gestein, das aus Epidot von folgender Zusammensetzung mit nur wenig Chromeisenstein besteht: $SiO_2$ 37,92, $Fe_2O_3$ 9,93, $Al_2O_3$ 12,83, $Cr_2O_3$ 11,16, $CaO$ 25,35, $H_2O$ 2,38; Summe = 99,57.

Dieser chromhaltige Epidot, für den der Verf. den Namen Tawmawit vorschlägt, hat zwar Brechungsindex, Spaltbarkeit, Härte und Dichte wie der gewöhnliche Epidot, aber bei tiefgrüner Farbe einen sehr starken Pleochroïsmus: $\alpha$ — $\gamma$ smaragdgrün, $\beta$ hellgelb. Axenwinkel etwa $45^0$.

Der reine Jadeït ist weiß, oft mit Flecken von smaragd- oder dunkelgrüner, zuweilen aber von blaßlila Farbe. Er ist meist dicht, kann aber auch grobkörnig sein. [Für eine Beschreibung der übrigen Eigenschaften, wie auch der Festigkeit usw. wird auf Bishop: »Investigations and Studies of Jade«, New

---

1) Vgl. die Untersuchung von Tanatar (nicht »Tanabar«) diese Zeitschr. 47, 401.
2) Vgl. das Ref. über die deutsche Publication desselben Autors diese Zeitschr. 47, 401.

York 1906 (privat gedruckt), woraus Verf. einige Angaben entnommen hat, hingewiesen].

In dem Gang zu Tawmaw (aus dem die Blöcke zu Mamon wahrscheinlich stammen) bildet der Jadeït den mittleren Teil, gegen die Ränder in Albitfels übergehend. Der Verf. stimmt der Ansicht F. Noetling's (diese Zeitschr. **30**, 408) zu, daß der Gang ein in den Serpentin intrusives Eruptivgestein darstellt, indem er von contactmetamorphen Bildungen von Chlorit resp. Natronamphibole umgeben ist; er denkt sich das Gangmaterial, sowie den Serpentin aus der Differentiation eines und desselben Magmas in einen peridotitischen und einen nephelin-syenitischen Teil entstanden, wovon letzterer dieselbe Zusammensetzung wie der Albit-Jadeïtgang haben würde. Das syenitische Magma sei dann entweder unter anormalen Verhältnissen (Piëzokrystallisation) direct als Albit-Jadeït-gang in dem bereits erstarrten Serpentin resp. Peridotit auskrystallisiert, oder (mehr wahrscheinlich) zunächst habe sich ein Nephelin-Albit-Syenit bilden können, welcher später in das Albit-Jadeïtgestein umgewandelt wurde, durch Combination äquivalenter Mengen von Albit und Nephelin zu Jadeït ($NaAlSi_3O_8 + NaAlSiO_4 = 2\,NaAl(SiO_3)_2$). Der überschüssige Bestandteil würde sodann mit dem Jadeït erhalten bleiben, wie z. B. der Albit zu Tawmaw und der Nephelin in anderen Jadeïtvorkommnissen.

Der einzige Jadeïtfundort in Asien ist, außer den drei oben citierten, nur Karakasch in Turkestan. Der sogenannte tibetische Jadeït stammt wohl aus Birma, d. h. von Tawmaw.

Ref.: H. L. Bowman.

**34. M. Stuart** (in Calcutta): **Über die Bildung von Alunogen auf einem Meteorit** (Records Geol. Surv. India **1908**, **37**, **224**).

Der Verf. beschreibt die Bildung von weißen faserigen Krystallen von Alunogen auf den Bruchflächen eines im Indischen Museum in Calcutta befindlichen Fragmentes des Cold Bokkeveld-Meteorsteines.

Ref.: H. L. Bowman.

**35. F. D. Adams** und **A. E. Barlow** (in Ottawa): **Die Nephelin- und begleitenden Alkali-Syenite vom östlichen Ontario** (Trans. Roy. Soc. Canada **1908**, **2**, Sect. IV, 3—76).

In einer ausführlichen Abhandlung über die Nephelin-Syenite und die associierten Gesteine vom östlichen Ontario beschreiben die Verff. folgende darin vorkommende Mineralien: Nephelin, Sodalith, Cancrinit, Feldspat, Skapolith, Biotit, Hornblende, Muscovit, Korund, Kalkspat, Granat, Zirkon, Titanit, Turmalin, Spinell, Chrysoberyll, Eukolith, Molybdänglanz, Apatit, Magnetit, Pyrit, Pyrrhotin, Kupferkies, Graphit.

Es mögen folgende Analysen citiert werden:

Lepidomelan aus Nephelin-Syenit von Monmouth Township von J. C. Egleson: $SiO_2$ 31,48, $TiO_2$ 2,50, $Al_2O_3$ 17,23, $Fe_2O_3$ 5,85, $FeO$ 27,96, $MnO$ 1,61, $CaO$ 1,33, $MgO$ 2,99, $K_2O$ 4,17, $Na_2O$ 1,68, $H_2O$ (gebunden) 3,94; Summe = 100,74.

Andesin aus einem weißen, aus Andesin und Korund zusammengesetzten Alkalisyenit von Dungannon Township von M. F. Connor: $SiO_2$ 57,15, $Al_2O_3$ 26,74, $(Fe_2O_3 + FeO)$ 0,25, $MnO$ Spur, $CaO$ 6,66, $MgO$ 0,59, $K_2O$ 0,38, $Na_2O$ 6,83, Glühverlust 0,90; Summe = 99,50. [Das $Fe$, $K$, $Mg$ rühren von etwas beigemengtem Biotit her].

Blauer Korund aus demselben Gestein (I.);

Brauner Korund von Craigmont, Raglan Township (II.); (beide von M. F. Connor):

| | I. | II. |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | (fehlt) | (fehlt) |
| $Al_2O_3$ (Diff.) | 96,90 | 95,58 |
| $(Fe_2O_3 + FeO)$ | 0,76 | 2,10 |
| $CaO$ | 0,46 | 0,48 |
| $MgO$ | 1,00 | 1,00 |
| $H_2O$ | 0,88 | 0,84 |
| | 100,00 | 100,00 |

Der Korund ist unzweifelhaft eruptiven Ursprungs und stellt eines der zuerst auskrystallisierten Mineralien aus einem an $MgO$- und $FeO$-armen, mit $Al_2O_3$ übersättigten Magma dar. Die Regel von Morozevicz wird durch die Analysen bestätigt.

Ref.: H. L. Bowman.

**36. R. P. D. Graham** (in Montreal): **Über den Dawsonit, ein Natrium-Thonerdecarbonat** (Trans. Roy. Soc. Canada 1908, 2, Sect. IV, 165—177).

Der Verf. hat einige von B. J. Harrington an dem Originalfundorte in Montreal gesammelte Dawsonit-Stufen von neuem untersucht.

Das Mineral bildet seidenglänzende, weiße oder farblose, klingenförmige Krystalle in den Spalten eines im Trenton-Kalk intrusiven Trachytganges, mit Kalkspat, Dolomit, Pyrit und etwas Bleiglanz.

Krystallsystem: Rhombisch, bipyramidal.

$$a : b : c = 0{,}6475 : 1 : 0{,}5339.$$

Beobachtete Formen: $A\{100\}$, $B\{010\}$, $C\{001\}$, $M\{110\}$, $D\{011\}$; wahrscheinlich auch $\{130\}$, $\{230\}$, $\{210\}$, $\{101\}$.

$$MM = (110) : (\bar{1}10) = 114^0\ 9', \quad CD = (001) : (0\bar{1}1) = 28^0\ 6',$$
$$MD = (110) : (011) = 75\ 10.$$

Krystalle nadelförmig nach der $c$-Axe, öfters klingenförmige Aggregate bildend; farblos mit glasigem oder seidigem Glanz. Spaltbarkeit vollkommen nach $M$. Optische Axenebene $\parallel C(001)$; erste Mittellinie $\perp A(100)$.

Dispersion $\varrho < v$ (gering). Brechungsindices:

$$\alpha = 1{,}466, \quad \beta = 1{,}542, \quad \gamma = 1{,}596 \ (Na\text{-Licht}).$$

$$2V_{Na} = 76^0\ 46', \quad 2V_{Li} = 76^0\ 33',$$
$$2E_{Na} = 146\ 27.$$

Analyse: I; nach Abzug einer dem $Ca$ entsprechenden Menge $CaCO_3$ und Umrechnung auf 100: II; nach der Formel $Al_2O_3 . Na_2O . 2CO_2 . 2H_2O$ berechnet: III;

| | I. | II. | III. |
|---|---|---|---|
| $CO_2$ | 31,56 | 30,57 | 30,49 |
| $Al_2O_3$ | 35,70 | 36,01 | 35,55 |
| $Na_2O$ | 21,62 | 21,81 | 21,48 |
| $H_2O$ | 11,51 | 11,61 | 12,47 |
| $CaO$ | 1,59 | — | |
| $MgO$ | Spur | — | |
| | 101,98 | 100,00 | |

Die Structurformel dürfte wohl

$$HO\!>\!C\!-\!O\!-\!Al\!<\!\begin{matrix}ONa\\OH\end{matrix} \quad \text{oder} \quad NaO\!>\!C\!-\!O\!-\!Al\!<\!\begin{matrix}OH\\OH\end{matrix}$$ sein.

Ref.: H. L. Bowman.

**37. C. Anderson** (in Sydney): **Mineralogische Notizen. Nr. VI. Topas, Beryll, Anglesit, Rutil, Atacamit, Pyrit** (Records Australian Museum 1908, 7, 60—68).

Topas von Cow Flat, Torrington, Neu-Süd-Wales. Ein dick-prismatischer, blaßblauer Krystall (12×12×12 mm) in einer Druse mit Quarz (von Fielder's Hill) zeigt die Formen: $m\{110\}$, $M\{230\}$, $l\{120\}$, $g\{130\}$, $f\{021\}$, $y\{041\}$, $c\{001\}$, $h\{203\}$, $o\{221\}$, $u\{111\}$, $i\{223\}$, $x\{243\}$, mit herrschenden $lfc$. Ein zweiter, farbloser Krystall (27×22×16 mm) zeigt die gleichen Formen ohne $x\{243\}$, ferner $b\{010\}$ und $h\{203\}$ (herrschend $mlf$).

Topas von Stanthorpe, Queensland. Der Topas von diesem Fundort bildet meist abgerollte Geschiebe; aber ein tiefblauer Krystall (31×30×23 mm) im Nationalmuseum zu Melbourne zeigt $mlfdu$, ungefähr gleichgroß entwickelt, mit kleineren $Mo$.

Topas von Pakenham, Victoria. Ein kleiner Krystall von 4 mm Durchm. zeigt: $m\{110\}$, $M\{230\}$, $l\{120\}$, $g\{130\}$, $n\{140\}$, $b\{010\}$, $f\{021\}$, $u\{111\}$, $i\{223\}$, $c\{001\}$, mit herrschenden $lmuf$.

Ein Fragment von 10×7×4 mm zeigt $lbgyf$ und $U\{160\}$, sowie auch eine rauhe geätzte Fläche, wahrscheinlich einer neuen Form $j\{501\}$ angehörig.

Beryll von Torrington, Neu-Süd-Wales. Schöne hexagonale, an den Enden gebrochene Prismen, bis 6 cm Durchm. × 5 cm Länge; auf Quarzkrystallen mit Wolframit in Thon, zu Heffernan's Lease.

Beryll von dem Gulf, Emmaville, Neu-Süd-Wales. Blaß bläulichgrüne, lange Prismen mit $c\{0001\}$, bis 5,5×2 cm, in Quarz.

Anglesit von Broken Hill, Neu-Süd-Wales. 1) Von der »Central-Mine«: kleine Krystalle bis 2—3 mm Durchm., auf gestricktem Cerussit; farblos, durchsichtig oder milchig, bisweilen gelblich. Beobachtete Formen: $c\{001\}$, $l\{104\}$, $d\{102\}$, $a\{100\}$, $m\{110\}$, $o\{011\}$, $*X\{3.4.12\}$, $g\{113\}$, $z\{111\}$, $\mu\{124\}$, $y\{122\}$, $*Y\{187\}$, $O\{520\}$?, $*v\{598\}$. (* Neue Formen, welche aber der Bestätigung bedürfen.) Herrschende Formen: $dmc$. 2) Von der »Block 14 Mine«: gelbliche Krystalle bis 20×20×8 mm, vertical verkürzt, bisweilen ohne Prisma, mit Bleiglanz und Cerussit: $c\{001\}$, $l\{104\}$, $d\{102\}$, $a\{100\}$, $y\{122\}$, $o\{011\}$, $m\{110\}$. Nach der Zone $[cd]$ verlängert, tafelförmig nach $c$. 3) Von der »Proprietary Mine«: sehr schöne Krystalle bis 25×20×13 mm von dickprismatischem Habitus nach $[cd]$, mit großen $m$-Flächen: $cldamoy\mu z$ mit $Y\{187\}$ und $v\{598\}$, welche beide drusig sind.

Rutil von Victor Harbour, Süd-Australien. Prismatische Krystalle in Quarz und Feldspat: $a\{100\}$, $m\{110\}$, $k\{430\}$?, $e\{011\}$, $s\{111\}$. Herrschend $ae$. Zwillingsbildung nach $e(011)$ häufig; nach $v(301)$ auch beobachtet.

Rutil von Mount Gambier, Süd-Australien. Ein kleiner dicker, im Mining and Geological Museum in Sydney befindlicher Krystall (7×3,5 mm) zeigt: $makes$, unter Vorherrschen von $me$.

Atacamit vom Dugald River, Cloncurry, Queensland. Kleine durchsichtige

grüne Krystalle, mit derbem Cuprit, zeigen: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $s\{120\}$, $e\{011\}$, $n\{121\}$, vielleicht auch $k\{130\}$, $l\{230\}$. Herrschend sind $me$.

Pyrit von der United Miners' Mine, Major's Creek, Neu-Süd-Wales. Schöne Würfel bis 4 cm Kantenlänge, in Dolomit. An den Ecken $n\{112\}$, $o\{111\}$, $p\{221\}$.

Ref.: H. L. Bowman.

**38. H. G. Foxall** (in Sydney): **Über das Vorkommen von Augitkrystallen zu Gerringong, Neu-Süd-Wales** (Journ. Roy. Soc. New South Wales 1904, 38, 402—405).

Lose Augitkrystalle von der gewöhnlichen Ausbildung aus einem lehmähnlichen zersetzten Tuffgestein an dem Meeresstrande zu Black Head, Gerringong, Neu-Süd-Wales, haben folgende Zusammensetzung: $SiO_2$ 47,21, $Al_2O_3$ 11,12, $Fe_2O_3$ 5,50, $FeO$ 5,11, $MgO$ 8,97, $CaO$ 19,73, $H_2O$ ($100^0$) 0,41, $H_2O$ (über $100^0$) 1,25, $TiO_2$ 0,79, $Cr_2O_3$ 0,13, $MnO$ 0,29; Summe = 100,51.

Als Formen werden angegeben: $a\{100\}$, $b\{010\}$, $m\{110\}$ mit $s\{\bar{1}11\}$ oder bisweilen $e\{011\}$, wahrscheinlich auch $\varepsilon\{\bar{1}21\}$ und $o\{\bar{2}21\}$, resp. $z\{021\}$ und $\mu\{121\}$ (je nach der den Hauptendflächen zukommenden Bezeichnung $s$ resp. $e$).

[Es scheint aber möglich, daß die mit $e\{011\}$ bezeichnete, nur einmal beobachtete Form wirklich die häufiger vorkommende $s\{\bar{1}11\}$ sein könnte. D. Ref.].

Ref.: H. L. Bowman.

**39. W. G. Woolnough** (in Sydney?): **Über einige einfache Modelle zum Gebrauch beim krystallographischen Unterricht** (Ebenda 1905, 39, 72—76).

Zur Erläuterung der Symmetrie der Krystallformen empfiehlt der Verf. Modelle, zusammengesetzt aus drei (oder weniger) Spiegeln, welche parallel mit den Symmetrieebenen des Krystalls gelegt sind. Ein dreieckiger Carton in den Winkeln zwischen die Spiegel gelegt, gibt ein Bild des symmetrischen Krystalls, indem er durch Reflexion wie in einem Kaleidoskop vervielfältigt wird.

Ref.: H. L. Bowman.

**40. M. Ogawa** (in Tokyo?): **Notiz über ein neues im Thorianit aufgefundenes Element** (Journ. Japan Coll. Sci. 1908, 25, Art. 15, 1—11).

**Derselbe: Notiz über ein neues mit dem Molybdän verwandtes Element** (Ebenda 1908, 25, Art. 16, 1—13).

Aus Thorianit, sowie aus Reinit und Molybdänglanz hat Verf. ein neues Element, für welches er den Namen Nipponium ($Np$) vorschlägt, extrahiert. Dasselbe kommt auch in Form eines Zirkonerde-Nipponiumsilicats in kleinen, gelben bis roten durchscheinenden Prismen (Dichte 4,5) mit dem Thorianit vor.

Aus Molybdänglanz hat der Verf. außerdem ein zweites neues Element isoliert, welches auch im Thorianit vorhanden ist.

Ref.: H. L. Bowman.

**41. F. M. Jaeger** (in Zaandam): **Krystallographische Untersuchung organischer Verbindungen** (Recueil des travaux chimiques des Pay-Bas et de la Belgique 1908, 27, 164, 169 u. 338—352).

4.6-dimethyl-2-oxypyrimidin $C_6H_8N_2O.2H_2O$ (l. c. 164).

Dargestellt von T. de Haan.

Spec. Gewicht 1,291.

Constitutionsformel:

$$\begin{array}{l} H_3C.C = N \\ \quad\dot{C}H \quad \dot{C}:O. \\ H_3C.\ddot{C} - \dot{N}H \end{array}$$

Monoklin-prismatisch.

$$a:b:c = 0{,}6815:1:1{,}0142;\ \beta = 101^0\,9'$$
$$(\chi:\psi:\omega = 3{,}868:5{,}675:5{,}756;\ \beta = 101^0\,9').$$

Die teils farblosen, teils gelb gefärbten Krystalle sind Prismen $b\{010\}$, $m\{110\}$, am Ende oft nur mit $c\{001\}$. Mehr untergeordnet finden sich $a\{100\}$, bisweilen auch $n\{130\}$, ferner an den Enden $q\{011\}$, $k\{012\}$ und ganz schmal $t\{0.9.10\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:c$ | $(100):(001)$ | $78^0\,51'$ | $78^0\,51'$ |
| $m:c$ | $(110):(001)$ | — | $*80\ 45$ |
| $m:b$ | $(110):(010)$ | — | $*56\ 14$ |
| $n:b$ | $(130):(010)$ | $26\ 4$ | $25\ 56$ |
| $q:b$ | $(011):(010)$ | — | $*45\ 8\frac{1}{2}$ |
| $k:b$ | $(012):(010)$ | $63\ 33$ | $63\ 20\frac{1}{2}$ |
| $q:m$ | $(011):(\bar{1}10)$ | $73\ 51$ | $73\ 57$ |
| $k:m$ | $(012):(\bar{1}10)$ | $84\ 3$ | $84\ 11$ |
| $k:m$ | $(012):(110)$ | $66\ 57$ | $66\ 35$ |
| $t:m$ | $(0.9.10):(110)$ | $60\ 26$ | $60\ 10$ |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$.

Die Auslöschung auf $b\{010\}$ ist nahezu parallel der $c$-Axe.

Die Lichtbrechung wurde mit Hilfe einzelner Krystallflächen für $Na$-Licht bestimmt; der kleinste und der höchste gefundene Wert sind $n = 1{,}4431$ bezw. 1,6501.

4.6-dimethyloxypyrimidinnitrat $C_6H_8N_2O.HNO_3$ (l. c. 169).

Triklin-pinakoidal.

$$a:b:c = 0{,}9323:1:0{,}9951;$$
$$\alpha = 84^0\,55',\ \beta = 112^0\,45',\ \gamma = 78^0\,5'.$$

Aus kalter salpetersaurer Lösung entstehen zuerst farblose Krystalle, später werden sie rötlich; die beim Erhitzen entstehende rote Lösung liefert ebenfalls rötliche Krystalle. In beiden Fällen zeigen sie herrschend $a\{100\}$, $b\{010\}$ und $c\{001\}$ in Combination mit den untergeordneten Formen $q\{011\}$ und $\varrho\{10\bar{1}\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $a:b$ | $(100):(0\bar{1}0)$ | — | $*79^0\,11\frac{1}{2}'$ |
| $b:c$ | $(0\bar{1}0):(001)$ | — | $*89\ 27$ |
| $a:c$ | $(100):(001)$ | — | $*67\ 47\frac{1}{2}$ |
| $q:b$ | $(011):(010)$ | — | $*44\ 54$ |
| $\varrho:a$ | $(10\bar{1}):(100)$ | — | $*55\ 51$ |
| $\varrho:q$ | $(\bar{1}01):(011)$ | $58^0\,41'$ | $58\ 58$ |

Spaltbarkeit nach $a\{100\}$ vollkommen, nach $b\{010\}$ weniger vollkommen und nach $\varrho\{10\bar{1}\}$ deutlich.

Die Auslöschungsrichtung auf $a\{100\}$ ist nahezu parallel der $c$-Axe; auf $b\{010\}$ ist sie gegen die $c$-Axe unter $20^0$ geneigt.

Die folgenden Körper wurden von P. J. Montagne dargestellt.

2-Bromobenzophenon $BrC_6H_4.CO.C_6H_5$ (l. c. 339).

Schmelzp. $42^0$. Spec. Gewicht 1,517.

Monoklin-prismatisch.

$$a : b : c = 0{,}5045 : 1 : 0{,}9322; \quad \beta = 96^0\,35\tfrac{1}{2}'$$
$$(\chi : \psi : \omega = 3{,}616 : 7{,}168 : 6{,}682; \quad \beta = 96^0\,35\tfrac{1}{2}').$$

Die aus Alkohol erhaltenen Krystalle sind Prismen $m\{110\}$, $b\{010\}$ in Combination mit $q\{011\}$, $k\{012\}$, $\xi\{11\bar{2}\}$ und $s\{102\}$. Sehr untergeordnet und meist nur mit der vorderen Fläche findet sich $a\{100\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $q : b$ | $= (011) : (010) =$ | — | $*47^0\,12'$ |
| $k : q$ | $= (012) : (011)$ | $17^0\,57'$ | $17\ 55$ |
| $m : b$ | $= (110) : (010)$ | — | $*63\ 23$ |
| $m : q$ | $= (110) : (011)$ | — | $*67\ 41$ |
| $m : s$ | $= (110) : (102)$ | $44\ 57$ | $44\ 38$ |
| $m : k$ | $= (110) : (012)$ | $73\ 39\frac{1}{2}$ | $73\ 30\frac{1}{2}$ |
| $q : a$ | $= (011) : (100)$ | $85\ 10$ | $85\ 10$ |
| $k : a$ | $= (012) : (100)$ | $84\ 1$ | $84\ 2$ |
| $s : a$ | $= (102) : (100)$ | $44\ 15$ | $44\ 28$ |
| $\xi : m$ | $= (11\bar{2}) : (110)$ | $46\ 56$ | $46\ 57$ |

Spaltbarkeit nach $c\{001\}$ vollkommen, nach $m\{110\}$ deutlich.

Die Auslöschungsrichtung auf $b\{010\}$ ist unter ca. $20^0$, jene auf $m\{110\}$ unter ca. $5^0$ gegen die $c$-Axe geneigt.

Phenylindoxazen $C_6H_4.ONC.C_6H_5$ (l. c. 341).

Schmelzp. $82{,}5^0$. Spec. Gewicht 1,295.

Rhombisch-bipyramidal.

$$a : b : c = 0{,}7905 : 1 : 1{,}2600$$
$$(\chi : \psi : \omega = 4{,}211 : 5{,}327 : 6{,}264).$$

Die aus Äther erhaltenen Krystalle zeigen herrschend $b\{010\}$, ferner ziemlich groß $m\{110\}$, $o\{111\}$, oft auch $c\{001\}$; sehr klein ist $a\{100\}$; selten fand sich $s\{201\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m : b$ | $= (110) : (010) =$ | — | $*51^0\,40\frac{1}{2}'$ |
| $o : m$ | $= (111) : (110)$ | — | $*31\ 54\frac{1}{2}$ |
| $o : b$ | $= (111) : (010)$ | $58^0\,14'$ | $58\ 10$ |
| $s : s$ | $= (201) : (\bar{2}01)$ | $68\ 21$ | $68\ 11$ |

Spaltbarkeit nach $\{101\}$ vollkommen, nach $a\{100\}$ deutlich.

Ebene der optischen Axen ist $a\{100\}$, erste Mittellinie die $b$-Axe. Optischer Axenwinkel sehr klein.

Ref.: B. Goßner.

**42. Ph. Barbier** (in Lyon): **Mineralanalysen** (Bull. de la Soc. chim. de France 1908, (4) 3).

### Chlorophyllit von Vizézy (S. 724—725).

Die dunkelgrünen, ziemlich großen Krystalle des Minerals, begleitet von Quarz, Mikroklin und Glimmer, ergaben bei der Analyse:

| | I. | II. |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 42,43 | 42,66 |
| $Al_2O_3$ | 33,21 | 32,95 |
| $FeO$ | 10,58 | — |
| $MnO$ | Spuren | — |
| $MgO$ | 2,61 | — |
| $CaO$ | Spuren | — |
| $K_2O$ | 4,75 | — |
| Glühverlust | 6,26 | — |

### Mikroklin aus den Pegmatiten von Mesvres (S. 821—822).

| | I. | II. |
|---|---|---|
| $SiO_2$ | 66,12 | 66,13 |
| $Al_2O_3$ | 19,11 | 19,09 |
| $K_2O$ | 10,54 | 10,62 |
| $Na_2O$ | 4,12 | 4,12 |

### Phillipsit vom Mont Simiouse (S. 822).

Das Material, aus einem Basalt stammend, wurde möglichst sorgfältig gereinigt; die Analysenresultate entsprechen sehr nahe der Formel

$$Si_5O_{14}Al_2\left(K, \frac{Ca}{2}\right) \cdot 5H_2O.$$

| | |
|---|---|
| $SiO_2$ | 52,10 |
| $Al_2O_3$ | 18,33 |
| $CaO$ | 4,96 |
| $K_2O$ | 6,89 |
| $Na_2O$ | 1,12 |
| Glühverlust | 16,55 |

Außerdem finden sich noch Spuren von Baryum- und Magnesiumoxyd.

Ref.: B. Goßner.

**43. Ph. Barbier** und **A. Prost** (in Lyon): **Über die Existenz eines monoklinen, mit Orthoklas isomorphen Natronfeldspates** (Bull. de la Soc. chim. de France 1908, (4) 3, 894—899).

Es wurden verschiedene Varietäten von Orthoklas mit folgenden Resultaten analysiert:

| | Irigny: | Baunand: | Gournay: | Francheville-le-Bas: | Kragerö: |
|---|---|---|---|---|---|
| $SiO_2$ | 67,09% | 67,10% | 66,92% | 67,11% | 67,00% |
| $Al_2O_3$ | 19,02 | 19,09 | 19,15 | 19,13 | 19,12 |
| $CaO$ | 0,46 | 0,54 | 0,48 | 0,39 | 0,78 |
| $Na_2O$ | 7,81 | 8,71 | 9,67 | 9,62 | 11,74 |
| $K_2O$ | 5,36 | 4,31 | 3,75 | 3,61 | 1,15 |

Einschlüsse von Albit konnten bei der mikroskopischen Untersuchung nicht nachgewiesen werden. Auf Grund der Messung des Winkels (010) : (100) wer-

den die untersuchten Proben als monoklin krystallisierend angesehen und es ergibt sich als Schlußfolgerung: dem Orthoklas kann innerhalb weiter Grenzen das entsprechende monokline Natronsilicat beigemengt sein; es existiert also auch ein monokliner Natronfeldspat, der zwar in seiner reinen Zusammensetzung noch nicht bekannt ist, aber in einigen isomorphen Mischungen den weit überwiegenden Bestandteil bildet.

Ref.: B. Goßner.

**44. C. Vallée** (in Lille): **Krystallform des Phenylurethans des Weinsäuremethylesters** $(CH_3)CO_2.CHO(CONHC_6H_5).CHO(CONHC_6H_5).CO_2(CH_3)$ (Ann. chim. phys. 1908, (8) **15**, 383).

Schmelzp. 144°.

Monoklin-sphenoidisch [1]).

$$a : b : c = 1{,}0544 : 1 : 0{,}4566; \quad \beta = 92^0.$$

In der Richtung der $b$-Axe verlängerte Prismen aus Benzol. Eine einfachere Combination zeigt herrschend $c\{001\}$, ferner $a\{100\}$, $m\{110\}$, $\mu\{1\bar{1}0\}$, schmäler $r\{101\}$. An flächenreicheren Krystallen findet man noch $k\{0\bar{1}3\}$, $\omega\{1\bar{1}\bar{1}\}$.

| | | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : c$ | $= (110) : (001)$ | $= 76^0\ 0'$ |
| $\omega : c$ | $= (\bar{1}11) : (001)$ | $37\ 10$ |
| $r : c$ | $= (101) : (001)$ | $37\ 20$ |
| $k : c$ | $= (013) : (001)$ | $56\ 10$ |
| $a : c$ | $= (100) : (001)$ | $88\ 0$ |

Ref.: B. Goßner.

**45. D. Gernez** († in Paris): **Untersuchungen über die Triboluminescenz** (Ann. de Chimie et de Phys. 1908, (8) **15**, 516—556).

Die Lichterscheinung bei der Krystallisation der arsenigen Säure tritt nicht im Moment des Auskrystallisierens auf; bei Ausschluß einer jeden Bewegung unterbleibt sie und stellt sich erst beim Reiben der entstandenen Krystalle ein. Es liegt also die Erscheinung der Triboluminescenz, hervorgerufen durch das Zerbrechen der Individuen, vor, nicht eine Begleiterscheinung des Übergangs der glasigen Säure in die krystallisierte. Die Fähigkeit, beim Reiben zu leuchten, kann sich nach den angestellten Versuchen jahrelang erhalten.

Ganz ähnliche Resultate erhielt Verf. beim Kaliumsulfat. Bei ruhiger Bildung selbst sehr großer Krystalle aus Natriumsulfat enthaltender Lösung tritt nicht die geringste Leuchterscheinung auf; diese stellt sich sofort mit größter Deutlichkeit ein, sobald man einen größeren Krystall zerdrückt oder wenn man während der Krystallisation lebhaft rührt. Die Erscheinung läßt sich nicht allein bei Anwesenheit von Natriumsulfat in der Lösung beobachten, sondern in der gleichen Weise auch bei andern Zusätzen, z. B. Lithiumsulfat, Kaliummolybdat oder -wolframat usw. Auch Krystalle aus reinen Lösungen von Kaliumsulfat sind ebenso lebhaft triboluminescent, sowohl bei Bildung aus kalter wie aus warmer Lösung. Auch Präparate von Kaliumsulfat aus älterer Zeit erwiesen

1) Die Winkeltabelle weist offenbare Fehler und in den Indices insbesondere Widersprüche mit den nicht verständlichen Figuren auf. Eine Richtigstellung war auf Grund der vorliegenden Angaben nicht möglich. Der Ref.

sich lebhaft triboluminescent. Wenn bei rascher Krystallisation nur kleine Individuen sich bilden, so kann die Erscheinung sich der Beobachtung entziehen.

Auch beim Natriumfluorid sieht man das Aufleuchten nur, wenn größere Krystalle vorliegen, nicht dagegen bei rascher Krystallisation; dieser Umstand läßt erkennen, warum Berzelius nur einmal die Leuchterscheinung wahrnahm.

Beim Strontiumnitrat widersprechen sich die bisherigen Angaben. Verf. klärt die Frage dahin auf, daß das gewöhnliche Hydrat mit vier Molekülen $H_2O$ nicht triboluminescent ist, wohl aber ein Hydrat mit zwei Molekülen Krystallwasser, welches man oberhalb $40^0$ erhält.

Außerdem wird noch eine lange Liste von Stoffen (121) aufgeführt, welche alle die Erscheinung der Triboluminescenz, nämlich Aufleuchten der Krystalle bei Reibung, zeigen, besonders wenn man sich bemüht, große Krystalle zu erhalten.

Aus einigen Beobachtungen an Racematen hat Tschugaeff den allgemeineren Schluß gezogen, daß das Racemat nicht triboluminescent ist, wenn die Antipoden es sind. Dieser Satz ist nicht richtig, von den folgenden Versuchen widersprechen ihm viele. Nach den ergänzenden Beobachtungen des Verfs. zeigen die Krystalle der Linksweinsäure die Leuchterscheinung, nicht dagegen die Racemverbindung. Dagegen sind die sauren Kaliumsalze von Rechts-, Links- und inactiver Weinsäure triboluminescent. Die neutralen Kaliumsalze entsprechen wieder dem Satze von Tschugaeff, ähnlich die Kalium-Natriumdoppelsalze. Von den neutralen Cäsiumsalzen ist gar nur das Racemat triboluminescent. Bei Rubidium, Natrium und Thallium sind alle drei neutralen Salze triboluminescent. Von anderen Racematen zeigen die Lichterscheinung das weinsaure Ammonium-Lithium, Cäsium-Lithium, Rubidium-Lithium (in sehr schöner Erscheinung), Antimonyl-Kalium u. a. Ähnlich verhalten sich organische Salze der Weinsäuren, ferner Rechts-, Links- und racemischer Erythrit. Die meisten der zuletzt genannten Beispiele, welche die Erscheinung der Triboluminescenz zeigen, weisen in ihrem Molekül jedenfalls eine gewisse Unsymmetrie auf.

Ref.: B. Goßner.

**46. A. C. Cumming** (in London): **Malakon, ein Zirkoniumsilicat** (Journ. Chem. Soc. London 1908, **93**, 350—355).

Die Analyse des Minerals von nicht näher angegebenem Fundort ergab

$$32{,}3\,\%\ SiO_2 \text{ und } 60{,}5\,\%\ ZrO_2,$$

was am besten der Formel $ZrO_2.SiO_2$ entspricht. Auf die Identificierung der Zirkonsäure wurde besondere Sorgfalt verwendet. Beim Behandeln des Minerales mit Salzsäure geht radioactive Substanz in Lösung; das eigentliche unlösliche Mineral läßt dann keine Activität mehr erkennen. Uran konnte nicht nachgewiesen werden. Eine andere Ursache für die Activität außer Radium ist auf Grund dieser Beobachtungen nicht zu vermuten.

Ref.: B. Goßner.

**47. F. Isaac** (in Oxford): **Die Temperaturen der spontanen Krystallisation gemischter Lösungen und ihre Bestimmung mit Hilfe des Brechungsindex. Gemischte Lösungen von Natriumnitrat und Bleinitrat** (Ebenda 384—411).

In der Abhandlung wird das von Miers eingeführte Verfahren, mit Hilfe der Lichtbrechung Einblick in den Verlauf der Krystallisation aus Lösungen zu

gewinnen, auf weitere Beispiele angewandt. Diese sind die Krystallisation von Natriumnitrat aus Lösungen, welche Bleinitrat enthalten und umgekehrt.

Im ersteren Falle bestand das Lösungsmittel aus Bleinitrat und Wasser im Verhältnis 3 : 10. Die Löslichkeitscurve $S$ für Natriumnitrat in bezug auf dieses Lösungsmittel wurde bestimmt. Die sogenannte »Überlöslichkeitscurve« $T$ (supersolubility curve) ergab sich dann aus den Curven für die Änderung der Lichtbrechung im Verlauf der Krystallisation von Lösungen mit bestimmtem Gehalt an Natriumnitrat. Jene Curve $T$ verbindet nämlich die Punkte der letzteren Curven, welche der höchsten Lichtbrechung, also der größten erreichten Übersättigung, entsprechen. Zwischen den Curven $S$ und $T$ liegt das metastabile Gebiet. Die Curve $T$ ist für unseren Fall von $20^0$—$40^0$ nahezu eine gerade Linie, neigt sich aber bei höheren Temperaturen stark gegen die Curve $S$, wonach also das metastabile Gebiet mit steigender Temperatur kleiner wird.

Die Lichtbrechung einer einzelnen bestimmten Lösung ändert sich im Verlauf der Krystallisation ähnlich wie bei den früheren Beispielen. Zuerst wächst der Index mit zunehmender Concentration bis zu einem Maximum (Temperatur der spontanen Krystallisation auf der Überlöslichkeitscurve); dann tritt ein Krystallschauer auf und der Wert für die Lichtbrechung fällt bis zu einer bestimmten Temperatur, um dann annähernd constant zu bleiben. Die Lösungen kamen bei $60^0$—$70^0$ auf das Goniometer und wurden im Verlauf der Abkühlung auf ihre Lichtbrechung untersucht. Durch Versuche in geschlossenen Röhren konnte dann noch ermittelt werden, daß die Krystallisation spontan wirklich meist auf Punkten der Überlöslichkeitscurve erfolgte. Größere Ausdehnung des labilen Gebietes trat ein, wenn die Lösung einer sehr lang andauernden Erhitzung ausgesetzt wurde. Eine ähnliche Wirkung übt sehr rasches Abkühlen aus. Impfen der Lösungen scheint die Übersättigungen ganz oder bis zu einem gewissen Grade aufzuheben und die Überlöslichkeitscurve wird nicht erreicht.

Lösungen mit auskrystallisierendem Bleinitrat und weniger Natriumnitrat ergaben ähnliche Resultate. Die »Überlöslichkeitscurve«, deren Punkte den ganz bestimmten Temperaturen der spontanen Krystallisation entsprechen, läßt sich auch hier aus der Lichtbrechungscurve der krystallisierenden Lösungen bestimmen. Oberhalb der Temperatur der spontanen Krystallisation kann die zugehörige Lösung nur durch Impfen zum Krystallisieren gebracht werden.

Ref.: B. Goßner.

**48. H. Hartley, B. M. Jones** und **G. A. Hutchinson** (in Oxford): **Die spontane Krystallisation von Natriumsulfatlösungen** (Journ. Chem. Soc. 1908, **93**, I, 825—833).

Im System $SO_4Na_2$—$H_2O$ sind Krystalle möglich von $H_2O$, $SO_4Na_2.10H_2O$, $SO_4Na_2.7H_2O$ und $SO_4Na_2$. Für drei dieser Stoffe konnte die Überlöslichkeitscurve ermittelt werden, wenn die Lösung geschüttelt wurde; dagegen ergaben sich bei $SO_4Na_2.10H_2O$ für die spontane Krystallisation keine bestimmten Beziehungen hinsichtlich Temperatur und Concentration der Lösung. Reines Wasser krystallisiert spontan bei $-0{,}5^0$, die tiefste Temperatur bei Gegenwart von $Na_2SO_4$ liegt bei $-6^0$ (25 Teile $Na_2SO_4$ in 100 Teilen $H_2O$), wo die Überlöslichkeitscurven für $SO_4Na_2.7H_2O$ geschnitten wird (»hypertectic point« nach Miers). Das Heptahydrat ist instabil gegenüber dem Dekahydrat und erscheint auch nach dem Satz von Ostwald fast immer bei der spontanen Krystallisation. Die zugehörige Überlöslichkeitscurve entspricht gut ausgeprägten

Temperaturen der spontanen Krystallisation. Beim wasserfreien Salz sind die Bestimmungen wieder etwas weniger befriedigend. Die negativen Erfolge für das Dekahydrat erklären sich in erster Linie daraus, daß die spontane Krystallisation dieses Salzes verhältnismäßig selten ist gegenüber jener des Heptahydrates. Bei $H_2O$ und $SO_4Na_2.7H_2O$ verläuft die Übersättigungscurve annähernd parallel der Löslichkeitscurve, bei $SO_4Na_2$ (wasserfrei) nähern sich allmählich beide mit steigender Temperatur.

Mit Rücksicht auf die mit steigender Temperatur abnehmende Löslichkeit von Natriumsulfat sind einzelne Lösungen von einigem Interesse. Die Lösung 100 Teile $H_2O$, 43,13 Teile $Na_2SO_4$ ist ungesättigt von 30,6° bis 84,8°; bei 8,9° bezw. 97,8° erfolgt spontane Krystallisation. Eine Lösung: 100 g $H_2O$ + 43,6 g $Na_2SO_4$ krystallisiert spontan bei 9,5°, die Sättigungstemperatur liegt bei 19,3°. Ref.: B. Goßner.

**49. G. Jerusalem** (in Manchester): **Krystallform von Trimethylbrasileïn** $C_{16}H_9O_2(OCH_3)_2$ (Journ. Chem. Soc. London 1908, 93, 1134).

Schmelzp. 177°—178°.

Monoklin. $a : b : c = 0{,}3711 : 1 : 0{,}5860$; $\beta = 90°\,6'$.

Die großen, schwach gelb gefärbten Krystalle sind Prismen der Combination $m\{110\}$, $q\{011\}$ und $b\{010\}$; letzteres ist ganz untergeordnet.

| | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|
| $m : m = (110) : (1\bar{1}0)$ | — | *40° 43½′ |
| $q : q = (011) : (0\bar{1}1)$ | — | *60 44½ |
| $q : m = (011) : (110)$ | — | *79 46 50″ |
| $q : m = (011) : (\bar{1}10)$ | 79° 57′ | 80 10½ |

Ohne deutliche Spaltbarkeit. Ref.: B. Goßner.

**50. R. Threlfall** (in ?): **Apparat für Versuche bei hohen Temperaturen und großen Drucken und dessen Verwendung zum Studium des Kohlenstoffes** (Ebenda 1333—1356).

Graphit verhält sich unter starkem Druck ganz ähnlich wie eine Flüssigkeit; außerdem leitet er den elektrischen Strom. Diese Eigenschaften sind im vorliegenden Apparat benutzt, welcher eine Vereinigung der hydraulischen Presse mit dem elektrischen Ofen ist, also ein Apparat zur Erzeugung sehr hoher Drucke unter Ausschluß comprimierter Gase; die Erhitzung konnte bis zum Schmelzpunkt der Magnesia gesteigert werden.

Diamant hatte sich beim Durchgang des elektrischen Stromes durch den Graphit nicht gebildet; Druck und Temperatursteigerung allein waren nicht von ausreichender Wirkung. Es wird gefolgert, daß die Diamantbildung nicht so fast einer einfachen Umwandlung des Kohlenstoffes unter Druck entspricht, sondern daß nach den bisherigen Beobachtungen eine Art Carbidzersetzung oder eine Krystallisation aus Lösungen bei geeigneter Temperatur dabei eine wesentliche Rolle spielen. Ref.: B. Goßner.

**51. W. J. Lewis** (in Cambridge): **Krystallform einiger Platincyanüre** (aus: L. A. Lévy, die Fluorescenz von Platincyanüren. Ebenda 1446—1463).

Baryumplatincyanür-tetrahydrat $BaPt(CN)_4.4H_2O$ (l. c. 1451).

Spec. Gewicht 2,076—2,085.

Monoklin. $a:b:c = 0{,}4779:1:0{,}8678$; $\beta = 103^0\,35'$.

Beobachtete Formen: $b\{010\}$, $m\{110\}$, $a\{100\}$, $q\{011\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m:a$ | $= (110):(100)$ | $= 40^0\ 9'$ | $39^0\,51'$—$40^0\,25'$ |
| $q:b$ | $= (011):(010)$ | $65\ 5$ | $64\ 10$—$65\ 9$ |
| $q:m$ | $= (011):(110)$ | $64\ 15$ | $64\ 4$ |
| $q:a$ | $= (011):(100)$ | $77\ 42$ | $77\ 35$ |
| $q:m$ | $= (011):(\bar{1}10)$ | $83\ 45$ | $83\ 50$—$84\ 12$ |

Ein Teil der Krystalle ist grün, ein anderer goldgelb gefärbt. Die Auslöschung auf $b\{010\}$ ist fast parallel der $c$-Axe.

Calciumplatincyanür $CaPt(CN)_4.5H_2O$ (l. c. 1455).

Rhombisch. $a:b:c = 0{,}9010:1:0{,}3506$.

Krystalle von gelber Farbe zeigten die Formen $a\{100\}$, $n\{120\}$ und $o\{111\}$, die grün gefärbten außerdem noch $b\{010\}$ und $x\{211\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $n:a$ | $= (120):(100)$ | $= 61^0\ 0'$ | $60^0\,69'$—$60^0\,53'$ |
| $o:n$ | $= (111):(120)$ | $64\ 0$ | $63\ 56$ |
| $o:a$ | $= (111):(100)$ | $69\ 51$ | $69\ 41$ |
| $o:b$ | $= (111):(010)$ | $71\ 53$ | $71\ 53$ |

Es ist noch besonders zu erwähnen, daß bei beiden Salzen Krystalle von zweierlei Farbe auftraten, gelbe und grünliche, bei sonstiger vollständiger krystallographischer Identität.

Ref.: B. Goßner.

**52. J. E. Mackenzie** und **H. Marshall** (in Edinburgh): **Die Trithionate und Tetrathionate der Alkalimetalle** (Journ. Chem. Soc. London 1908, **93**, 1726—1739).

Kaliumtrithionat $S_3O_6K_2$ (l. c. 1733).

Spec. Gewicht 2,336.

Rhombisch-bipyramidal. $a:b:c = 0{,}7168:1:0{,}4193$.

Gute Krystalle dieses Salzes sind nur schwer zu erhalten, am besten, wenn man eine bei $30^0$ gesättigte Lösung ganz langsam abkühlt. Nach der $c$-Axe verlängerte Prismen $l\{210\}$, $m\{110\}$, wozu schmal noch $n\{120\}$, seltener auch $b\{010\}$ treten; als Endigung findet man $q\{011\}$ und gelegentlich noch $k\{031\}$.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $l:l$ | $= (210):(\bar{2}10)$ | $= —$ | $*39^0\,26'$ |
| $m:l$ | $= (110):(210)$ | $15^0\,55'$ | $15\ 42$ |
| $n:b$ | $= (120):(010)$ | $34\ 54$ | $34\ 53$ |
| $q:q$ | $= (011):(0\bar{1}1)$ | $—$ | $*45\ 30$ |
| $k:b$ | $= (031):(010)$ | $38\ 29$ | $38\ 29$ |
| $q:m$ | $= (011):(110)$ | $76\ 59$ | $76\ 57$ |
| $q:n$ | $= (011):(120)$ | $71\ 30$ | $71\ 26$ |
| $q:l$ | $= (011):(210)$ | $82\ 30$ | $82\ 25$ |

Ohne deutliche Spaltbarkeit.

Ebene der optischen Axen ist $b\{010\}$, erste Mittellinie die $c$-Axe. Die Brechungsindices für $Na$-Licht sind:

$\alpha = 1{,}4925$, $\beta = 1{,}5646$, $\gamma = 1{,}6014$; daraus $2V = 68^0\,15'$.

Rubidiumtrithionat $S_3O_6Rb_2$ (l. c. 1735).

Spec. Gewicht 2,845.

Rhombisch-bipyramidal. $a : b : c = 0{,}7058 : 1 : 0{,}4176$.

Die nach der $c$-Axe prismatisch verlängerten Krystalle zeigen besonders hervortretend $m\{110\}$, $q\{011\}$ und $s\{201\}$, mehr untergeordnet $a\{100\}$, $b\{010\}$, $l\{210\}$, $n\{120\}$, $k\{031\}$; nur einmal wurde $o\{111\}$ beobachtet.

| | | Berechnet: | Beobachtet: |
|---|---|---|---|
| $m : a$ | $= (110) : (100)$ | $35^0\,13'$ | $35^0\ 3'$ |
| $l : a$ | $= (210) : (100)$ | 19 26 | 19 33 |
| $n : b$ | $= (120) : (010)$ | 35 19 | 35 12 |
| $q : q$ | $= (011) : (0\bar{1}1)$ | — | *45 20 |
| $k : b$ | $= (031) : (010)$ | 38 36 | 38 37 |
| $s : s$ | $= (201) : (\bar{2}01)$ | — | *99 36 |
| $o : a$ | $= (111) : (100)$ | 61 22 | 61 22 |
| $o : m$ | $= (111) : (110)$ | 54 5 | 54 3 |
| $q : s$ | $= (011) : (201)$ | 53 26 | 53 26 |
| $q : m$ | $= (011) : (110)$ | 77 10 | 77 17 |
| $s : m$ | $= (201) : (110)$ | 51 23 | 51 17 |
| $s : o$ | $= (201) : (111)$ | 27 17 | 27 11 |
| $k : m$ | $= (031) : (110)$ | 63 13 | 63 35 |

Ebene der optischen Axen ist $b\{010\}$, erste Mittellinie die $c$-Axe. Die Brechungsindices für $Na$-Licht sind:

$\alpha = 1{,}4874$, $\beta = 1{,}5580$, $\gamma = 1{,}5867$; daraus $2V = 62^0\,33'$.

Ref.: B. Goßner.

**53. B. M. Jones** (Lahore, Indien): **Die spontane Krystallisation einiger Alkalinitratlösungen** (Journ. Chem. Soc. London 1908, 93, 1739—1747).

Die Resultate dieser Arbeit schließen sich inhaltlich an die oben referierten Abhandlungen über spontane Krystallisation an. Es gelang für die Systeme Kaliumnitrat-Wasser, Rubidiumnitrat-Wasser und Cäsiumnitrat-Wasser die Überlöslichkeitscurven zu bestimmen. Diese laufen wiederum sehr nahe parallel den eigentlichen Löslichkeitscurven. Nur beim Cäsiumnitrat fällt die Übersättigungscurve innerhalb der Fehlergrenzen mit der Löslichkeitscurve zusammen, sodaß hier das labile Gebiet jedenfalls nur gering ist und ein Krystallschauer, der innerhalb eines solchen Gebietes auftreten kann, niemals beobachtet wurde.

Verf. ließ die Lösungen bekannter Salzmengen, welche keinen Krystallkeim enthielten, von höheren Temperaturen langsam unter Schütteln, zum Teil bei Gegenwart von Glassplittern, langsam abkühlen, beobachtete die Temperatur, bei welcher die erste (spontane) Krystallisation begann und ermittelte so die Übersättigungscurve, d. h. jene Curve, welche die Temperatur angibt, oberhalb deren spontane Krystallisation nicht erfolgen kann.

Ref.: B. Goßner.

# Autorenregister.


Seite

F. D. Adams und A. E. Barlow, die Nephelin- und begleitenden Alkalisyenite vom östlichen Ontario . . . . . 682
E. T. Allen und J. K. Clement, die Rolle des Wassers im Tremolit und einigen anderen Mineralien . . . . . 111
C. Anderson, mineralogische Notizen. Nr. VI. Topas, Beryll, Anglesit, Rutil, Atacamit, Pyrit . . . . . 684
R. Arnold, das Vorkommen des jüngst beschriebenen Edelsteins Benitoit . . . 122
W. Arschinow, über die Verwendung einer Glashalbkugel zu quantitativen optischen Untersuchungen am Polarisationsmikroskope. Mit 1 Textfigur. 225
D. N. Artemiew, die Krystallisation der Kugeln als eine besondere Methode der krystallographischen Forschung . . . . . 417
—— s. a. W. J. Sokolow.
A. Atterberg, über die Natur der Thone . . . . . 540
—— Analyse und Classification der Thone . . . . . 540
—— Analyse von drei Lateriten aus Brasilien . . . . . 540
C. W. Balke und E. F. Smith, Krystallform einiger niobsaurer Salze . . . . . 124
J. A. Bancroft s. N. N. Evans.
Ph. Barbier, über einen neuen Glimmer der Paragonitgruppe . . . . . 214
—— über ein chemisches Unterscheidungsmerkmal zwischen Orthoklas und Mikroklin . . . . . 215
—— Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Kalifeldspäte . . . . . 215
—— Mineralanalysen . . . . . 687
—— und A. Prost, über die Existenz eines monoklinen, mit Orthoklas isomorphen Natronfeldspates . . . . . 688
A. E. Barlow s. F. D. Adams.
G. Barrow und H. H. Thomas, über das Vorkommen von metamorphen Mineralien in Kalkgesteinen in der Umgebung von Bodmin und Camelford in Cornwall . . . . . 667
Ray S. Bassler, die Bildung von Geoden, mit Bemerkungen über die Silificierung von Versteinerungen . . . . . 127
F. Becke, zur Physiographie der Gemengteile der krystallinen Schiefer . . . . 518
Jean Becquerel und H. Kamerlingh Onnes, über die Absorptionsspectra der Krystalle der seltenen Erden und über ihre Änderungen in einem magnetischen Felde bei den Temperaturen, wo der Wasserstoff flüssig und fest wird . . . . . 318
U. Behn, über die polymorphen Umwandlungen von Ammoniumnitrat . . . . 674
L. Benedek, über die chemische Constitution des Pyrits und Braunsteins . . 447
Bieler-Chatelan, über den Dimorphismus des Schwefels . . . . . 210
W. P. Blake, Turmalin von Crown Point, N. Y. . . . . 110
W. C. Blasdale, die chemische Formel des Benitoits . . . . . 122
C. Blaß, krystallographisch-optische Untersuchungen organischer Verbindungen. Mit 23 Textfiguren . . . . . 20
A. W. G. Bleek, über Rubine in den Kachin Hills, Ober-Birma . . . . . 681
—— über Jadeït in den Kachin Hills, Ober-Birma . . . . . 681
O. B. Böggild, über die Krystallform des Mikroklins . . . . . 466
—— über Gyrolith von Grönland . . . . . 534

Seite

B. B. Boltwood, die Radioactivität der Uranmineralien . . . . . 110
F. Bordas, Beitrag zum Studium der Bildung gewisser Edelsteine aus der Familie der Korunde . . . . . 212
L. H. Borgström, mineralogische Notizen . . . . . 540
—— krumme Krystallflächen an der Phtalsäure. Mit 4 Textfiguren . . . . 566
H. L. Bowman, über die Structur des Perowskits von der Burgumer Alpe, Pfitsch-Tal, Tirol . . . . . 670
—— ein Nebenapparat zum Gebrauch mit dem Goniometer bei der Messung von Krystallen mit zusammengesetzten (gestreiften) Flächen . . . . . 672
L. Bruner und St. Tołłoczko, über die Auflösungsgeschwindigkeit fester Körper . . . . . 524
F. H. Butler, über Kaolinbildung und andere Umwandlungsprocesse in den Gesteinen West-Englands . . . . . 669
Ad. Carnot und A. Lacroix, über die chemische Zusammensetzung des Morinits . . . . . 210
G. Cesàro, Tellur aus den Gruben von Balia (Klein-Asien) . . . . . 210
—— Doppelbrechung des Adulars, des Sanidins, des Thomsonits, des Willemits, des Mikrosommits und des Thomsenoliths . . . . . 210
W. H. Chapin s. E. T. Wherry.
J. K. Clement s. E. T. Allen.
W. H. Collins s. T. L. Walker.
A. Cotton und H. Mouton, über die Orientierung der Krystalle durch das magnetische Feld. Wichtigkeit der optischen Eigenschaften der Suspensionen (liquers mixtes) vom Standpunkte der Krystallsymmetrie aus 434
J. Couyat, der Cölestin und der Baryt von Ägypten . . . . . 313
—— über einige Mineralien aus Ägypten . . . . . 317
T. Crook, über den Gebrauch des Elektromagneten in der Petrographie . . . 678
—— einfache Form des permanenten Magneten zur Trennung schwachmagnetischer Mineralien . . . . . 678
Sir W. Crookes, über das Scandium . . . . . 675
A. C. Cumming, Malakon, ein Zirkoniumsilicat . . . . . 690
R. M. Deeley, über die Zähigkeit des Eises . . . . . 676
—— über Gletscherkörner . . . . . 678
J. Deprat, über die Zeolithe des Basaltes von Montrestra (Sardinien) . . . . . 221
—— über einen neuen Fundort von Orthoklas auf Corsika . . . . . 314
A. B. Dick, ergänzende Notizen über den Kaolinit . . . . . 668
A. Dubois, über die Anwendung einer allgemeinen Methode zur Darstellung von Fluorverbindungen und Silicaten auf das Thoroxyd . . . . . 213
L. Duparc und Frl. Kouropatwinska, über die Stabilität und Labilität der isomorphen Körper . . . . . 210
V. Dürrfeld, Herderit vom Epprechtstein mit neuen Formen und natürlichen Ätzfiguren. Mit 3 Textfiguren . . . . . 236
A. S. Eakle, über einige Mineralien aus Californien . . . . . 114
W. H. Emmons, genetische Classification der Mineralien . . . . . 120
N. N. Evans und J. A. Bancroft, das Vorkommen von Gedrit in Canada . . . 111
O. C. Farrington und E. W. Tillotson, über verschiedene Mineralien aus der Sammlung in Chicago . . . . . 116
E. von Fedorow, Vollendung in der Entwicklung des Begriffs des kanonischen Paralleloëders . . . . . 400
—— Aufruf an die Herren Collegen . . . . . 514
—— s. a. W. J. Sokolow und D. N. Artemiew.
L. Fletcher, über die Möglichkeit des Vorhandenseins einer Nickeleisenverbindung ($Fe_5Ni_3$) im Meteoreisen von Youndegin und im Meteorstein von Zomba . . . . . 669
G. Flink, Beiträge zur Mineralogie Schwedens . . . . . 526
—— über Quarzkrystalle von Pisavuori im Kirchspiel »Nilsiä«, Finnland . . 541
A. Fock, über die Structur und die Symmetrie der Krystalle . . . . . 158
W. E. Ford, Krystallform des Oxynitrohydrothymins $C_5H_7O_5N_3$ . . . . . 122
—— über einige bemerkenswerte Zwillinge von Atacamit und einige andere Kupfermineralien von Collahurasi, Provinz Tarapacá, Chile. Mit 12 Textfiguren . . . . . 452

Seite

W. E. Ford, über den Einfluß der Gegenwart von Alkalien in Beryll auf dessen optische Eigenschaften . . . . . 462
H. G. Foxall, über das Vorkommen von Augitkrystallen zu Gerringong, Neu-Süd-Wales . . . . . 685
G. Friedel, Bemerkungen über die mittleren Indices der Krystallarten . . . . 217
St. Gaál, die Dévaër Kupfergrube . . . . . 444
H. S. Gale, Carnotit und seine Begleiter in Western Routt County, Colorado . 118
P. Gaubert, über den schraubenartigen Aufbau . . . . . 214
—— über die flüssigen Krystalle der Äthersalze des Ergosterins . . . . . 215
—— über eine der Ursachen, welche die herrschenden Krystallformen modificieren, und über die festen Lösungen . . . . . 215
—— über die Formentracht der natürlichen Krystalle . . . . . 216
D. Gernez, Untersuchungen über die Triboluminescenz . . . . . 689
V. Goldschmidt und Frdr. C. Müller, Hambergit aus Madagaskar. Mit einem Anhang von Frdr. C. Müller. Hierzu Tafel V und VI . . . . . 473
—— s. a. R. Görgey.
—— s. a. C. Palache und L. La Forge.
F. Gonnard, über die Cordieritgruppe des Puy-de-Dôme, der Loire und der Rhône . . . . . 221
—— über den Phillipsit des Mont Simiouse (Loire) . . . . . 313
—— krystallographische Notizen über die Kalifeldspäte . . . . . 314
—— über die Analogie gewisser Orthoklaszwillinge von Four-la-Brouque (Puy-de-Dôme) mit den Orthoklaszwillingen von Petschau (Böhmen) und denen des porphyrartigen Granits des Fichtelberges, welche von Tschermak resp. von G. Seligmann, V. Goldschmidt, Fr. E. Wright und W. Müller untersucht wurden . . . . . 314
—— Bemerkungen zu der Arbeit des Professors Ph. Barbier: »Untersuchungen über die chemische Zusammensetzung der Kalifeldspäte«, und zu der Arbeit von Barbier und Prost: »Über die Existenz eines monoklinen, mit Orthoklas isomorphen Natronfeldspates« . . . . . 315
R. Görgey und V. Goldschmidt, über Datolith. Mit Tafel VIII bis X und 1 Textfigur . . . . . 619
R. P. D. Graham, über den Dawsonit, ein Natriumthonerdecarbonat . . . . . 683
F. N. Guild, Pneumatolytische Hornblende vom Mont Dore, Département Puy-de-Dôme, Frankreich. Mit 5 Textfiguren . . . . . 449
H. Hartley, B. M. Jones und G. A. Hutchinson, die spontane Krystallisation von Natriumsulfatlösungen . . . . . 691
T. H. Havelock, über die Dispersion der Doppelbrechung in ihrer Beziehung auf die Structur der Krystalle . . . . . 673
A. L. Heister, Vanadinitvorkommen bei Magdalena, Neu-Mexico . . . . . 121
F. L. Hess, Mineralien der seltenen Erdmetalle vom Barringer Hill, Llano County, Texas . . . . . 119
—— die Magnesitlager von Californien . . . . . 119
K. Heydrich, über die Beziehung zwischen Dichte und optischem Brechungsvermögen bei festen krystallisierten isomeren organischen Verbindungen. Mit 11 Textfiguren . . . . . 243
G. Hickling, über die Beschaffenheit und die Entstehung des Porzellanthons (China Clay) . . . . . 679
W. F. Hillebrand, der Einfluß des Pulverisierens auf den Gehalt der Mineralien und Gesteine an Wasser und Eisenoxydul . . . . . 123
C. Hlawatsch, Bemerkungen zur Krystallform des Chalmersits und des Prehnits. Mit 1 Textfigur . . . . . 205
A. G. Högbom, über einige lamellare Mineralverwachsungen mit Kalkspat . . 536
F. R. van Horn, ein neues Vorkommen von Proustit und Argentit . . . . . 110
A. Hutchinson, die chemische Zusammensetzung und die optischen Eigenschaften von Dolomitkrystallen aus Algier . . . . . 678
—— ein Doppelsulfat von Guanidin und Thonerde . . . . . 679
—— s. a. B. M. Jones und H. Hartley.
F. Isaac, die Temperaturen der spontanen Krystallisation gemischter Lösungen und ihre Bestimmung mit Hilfe des Brechungsindex. Gemischte Lösungen von Natriumnitrat und Bleinitrat . . . . . 690

Seite
F. M. Jaeger, krystallographische Untersuchung organischer Verbindungen . . 685
Zd. Jaroš, Beitrag zur Morphologie des böhmischen Antimonites . . . . . 541
G. Jerusalem, Krystallform von Trimethylbrasileïn $C_{16}H_9O_2(OCH_3)_2$ . . . . . 692
—— und W. J. Pope, über die Beziehung zwischen Krystallform und chemischen Eigenschaften der Pikrylderivate . . . . . 675
B. Ježek, über den Braunit aus Minas Geraës . . . . . 543
—— über den Hamlinit aus Brasilien . . . . . 660
H. J. Johnston-Lavis und L. J. Spencer, über den Chlormanganokalit, ein neues Mineral vom Vesuv; nebst Bemerkungen über die begleitenden Mineralien . . . . . 664
B. M. Jones, die spontane Krystallisation einiger Alkalinitratlösungen . . . . . 694
—— s. a. H. Hartley und G. A. Hutchinson.
Al. von Kalecsinszky, Mitteilungen aus dem chemischen Laboratorium der kgl. ungar. geologischen Anstalt. XV. Reihe . . . . . 446
H. Kamerlingh Onnes s. Jean Becquerel.
H. F. Keller, einige Kupfermineralien aus Chile . . . . . 117
C. R. Keyes, Entstehung der Silberlagerstätten von Lake Valley, Neu-Mexico . 121
A. Knopf, Geologie der Zinnerzlager auf der Halbinsel Seward, Alaska . . . 119
—— und W. T. Schaller, Hulsit und Paigeït, zwei neue Zinn-Eisenborate. Mit 2 Textfiguren . . . . . 1
Frl. Kouropatwinska s. L. Duparc.
E. H. Kraus, Deutung der chemischen Zusammensetzung des Benitoits . . . . 122
—— Krystallform von Marrubiin $C_{21}H_{28}O_4$ . . . . . 123
A. Kretschmer, Analyse und chemische Zusammensetzung der Fahlerze. Mit 1 Textfigur . . . . . 484
Stefan Kreutz, Beiträge zur Kenntnis orientierter Überwachsungen . . . . . 183
G. F. Kunz und H. S. Washington, Diamanten in Arkansas . . . . . 121
A. Lacroix, über das Vorkommen von krystallisiertem Fluornatrium als Gesteinselement in den Nephelinsyeniten der Los-Inseln . . . . . 213
—— über das Chlornatrium der Oase von Bilma . . . . . 218
—— über einige Vanadate der Umgegend von Saïda (Oran) . . . . . 218
—— die Mineralien der lithiumturmalinführenden Pegmatitgänge von Madagaskar . . . . . 307
—— über eine neue Mineralart und die Mineralien, welche dieselbe in den turmalinführenden Lagerstätten von Madagaskar begleiten . . . . . 307
—— die Mineralien, welche den Dioptas von Mindouli (Franz.-Congo) begleiten 310
—— über eine neue Mineralart von Französisch-Congo . . . . . 310
—— über ein Autunitvorkommen in Tonkin . . . . . 312
—— ergänzende Notiz über die Mineralien der Vesuv-Fumarolen . . . . . 312
—— über einige radioactive Mineralien von Madagaskar . . . . . 315
—— über den Danburit von Madagaskar . . . . . 316
—— über den Tridymit des Vesuvs und über die Bildung dieses Minerals aus dem Schmelzfluß . . . . . 316
—— Materialien zur Mineralogie Frankreichs . . . . . 318
—— und A. de Schulten, Notiz über die bleihaltigen Mineralien der Schlacken von Laurium . . . . . 218
—— s. a. Ad. Carnot.
L. La Forge s. C. Palache.
C. Leiß, neues Mikroskop, Modell VI b, für krystallographische und petrographische Studien. Mit 1 Textfigur . . . . . 240
W. J. Lewis, Wiltshireït, ein neues Mineral . . . . . 514
—— über einige Kalkspatzwillinge und eine einfache Methode für Zeichnung von Kalkspatkrystallen und zur Ableitung der Verhältnisse ihrer Symbole . . . . . 665
—— Krystallform einiger Platincyanüre . . . . . 692
A. Liffa, Beiträge zur krystallographischen Kenntnis der ungarischen Pyrite . 441
J. Loczka, chemische Analyse des Plumosits von Felsöbánya . . . . . 445
M. Löw, die krystallographischen Verhältnisse der Cerussite von Rézbánya . . 443
J. E. Mackenzie und H. Marshall, die Trithioniate und Tetrathionate der Alkalimetalle . . . . . 693
J. Maros, Pyrit von Déva, Comitat Hunyad, Ungarn . . . . . 445
H. Marshall s. J. E. Mackenzie.

Seite
B. Mauritz, über einen neuen Zeolithfundort (vorläufiger Bericht) . . . . . 439
G. P. Merill, der Meteor-Krater von Cañon Diablo, Arizona; seine Geschichte, Herkunft und die darin vorkommenden meteorischen Eisen . . . . . 121
L. Michel, über das Vorkommen einiger Mineralien in den alten Schlacken der Bleierzschmelze von Poullaouen (Finistère) . . . . . 344
H. A. Miers, Notiz über die Krystallisation von doppelchromsaurem Kali . . . 664
J. Morozewicz, über die chemische Zusammensetzung des Nephelins . . . . 520
—— Beiträge zur Kenntnis des kohlensauren Calciums . . . . . 522
—— Versuch einer rationellen Terminologie von Alumosilicaten . . . . . 523
H. Mouton s. A. Cotton.
Frdr. C. Müller s. V. Goldschmidt.
A. Nold, Grundlagen einer neuen Theorie der Krystallstructur. Mit Tafel IV und 2 Textfiguren . . . . . 321
M. Ogawa, Notiz über ein neues im Thorianit aufgefundenes Element . . . . 685
—— Notiz über ein neues mit der Molybdän verwandtes Element . . . . 685
W. M. Page, über die Variation der Absorptionsstreifen eines Krystalls im Magnetfelde . . . . . 679
C. Palache, Leadhillit von Nevada . . . . . 134
—— L. La Forge und V. Goldschmidt, Beiträge aus dem mineralogischen Museum der Harvard-Universität. (Notizen über die Krystallographie des Leadhillits.) Hierzu Tafel II und 1 Textfigur . . . . . 129
—— und L. La Forge, Leadhillit von Utah . . . . . 129
—— und V. Goldschmidt, die Formenreihen des Leadhillits . . . . . 140
C. A. Parsons und A. A. C. Swinton, die Umwandlung von Diamant in Koks, durch Kathodenstrahlen im hohen Vacuum . . . . . 673
W. J. Pope s. G. Jerusalem.
V. Pöschl, Beiträge zur Kenntnis der Minerale der Pyrit- und Markasitgruppe. Mit 9 Textfiguren . . . . . 572
B. Prescott, Ilvait aus Shasta Co., Californien . . . . . 111
G. T. Prior und F. Zambonini, über den Strüverit und dessen Beziehung zum Ilmenorutil . . . . . 666
A. Prost s. Ph. Barbier.
V. Quittner, Untersuchungen über die magnetischen Eigenschaften von Magnetitkrystallen . . . . . 435
F. L. Ransome s. W. T. Schaller.
A. F. Rogers, Notiz über die Krystallform des Benitoits . . . . . 122
V. Rosický, krystallographische Notizen . . . . . 656
F. Schafarzik, mineralogische Mitteilungen . . . . . 438
W. T. Schaller, Axinit von Californien . . . . . 148
—— Ludwigit von Montana, U. S. A. . . . . 545
—— krystallographische Notizen über Albit, Phenakit und Neptunit. . . . 550
—— über die wahrscheinliche Identität von Podolit und Dahllit . . . . . 559
—— die chemische Zusammensetzung von Jamesonit und Warrenit . . . 562
—— und F. L. Ransome, Wismutocker. Mit 1 Textfigur . . . . . 16
—— s. a. A. Knopf.
A. de Schulten s. A. Lacroix.
J. F. Simpson, die Beziehung zwischen Kupfer und Pyrit in den Blei-Kupfererzen von Butte, Montana . . . . . 120
E. F. Smith s. C. W. Balke.
G. F. H. Smith, Notiz über synthetischen Korund und Spinell . . . . . 670
S. W. J. Smith, die thermomagnetische Analyse von meteorischen und künstlichen Nickel-Eisenlegierungen . . . . . 677
W. J. Sokolow und D. N. Artemiew, Directe tabellarische Ablesung der Netzdichtigkeiten der Krystallflächen. Nebst Ergänzungsbemerkungen von E. S. von Fedorow. Mit 7 Textfiguren . . . . . 377
W. J. Sollas, über die innere Structur der Krystalle. Sechste Mitteilung. Die Titansäure, ihre Polymorphie und Isomorphie . . . . . 673
E. Sommerfeldt, zum Dimorphismus des Salmiaks. Hierzu Tafel VII. . . . 515
L. J. Spencer, über den Hopeït und andere Zinkphosphate, mit den begleitenden Mineralien von den Broken Hill-Gruben, Nordwest-Rhodesia . . . 661
—— s. a. H. J. Johnston-Lavis.
D. B. Sterrett, Meerschaum in Neu-Mexico . . . . . 118

Seite

R. J. Strutt, Helium und Radioactivität in seltenen und in gewöhnlichen Mineralien . . . . . 676
—— über das in den Mineralien der Salzlagerstätten vorhandene Helium und dessen wahrscheinliche Beziehung zum Kalium . . . . . 676
M. Stuart, über die Bildung von Alunogen auf einem Meteorit . . . . . 682
E. C. Sullivan, Versuche über die Trennung der Bestandteile einer Lösung mit Hilfe der Filtration durch ein Mineralfilter . . . . . 420
A. A. C. Swinton s. C. A. Parsons.
L. Sz. Szathmáry, das Vorkommen der Calciumsilicate im Cement . . . . 448
—— Studien und kritische Betrachtungen über die Constitution des Cements 448
P. Termier, über eine Lagerstätte von Alunit bei Réalmont (Tarn) . . . . . 306
—— über große Turmalinkrystalle von Ankaratra (Madagaskar) . . . . . 307
H. H. Thomas s. G. Barrow.
J. Thoulet, über das vermutliche Vorkommen von mikroskopischen Diamantkrystallen im Meeresboden und in der Humuserde . . . . . 213
R. Threlfall, Apparat für Versuche bei hohen Temperaturen und großen Drucken und dessen Verwendung zum Studium des Kohlenstoffes . . 692
E. W. Tillotson s. O. C. Farrington.
Z. v. Toborffy, Beiträge zur Kenntnis der ungarischen Calcite und Gypse . . 437
St. Tołłoczko s. L. Bruner.
A. E. H. Tutton, die Beziehung zwischen Thallium und den Alkalimetallen. (Eine Untersuchung über Thallium-Zinksulfat und -Selenat.) Mit fünf Textfiguren . . . . . 190
H. Ungemach, krystallographische Notizen über den Baryt verschiedener Fundorte . . . . . 222
C. Vallée, Krystallform des Phenylurethans des Weinsäuremethylesters $(CH_3)CO_2.CHO.CHO(CONHC_6H_5).CHO(CONHC_6H_5).CO_2(CH_3)$ . . . . . 580
O. Veatch, neues Vorkommen von Beauxit in Georgia . . . . . 422
F. Vetter, Beiträge zur Kenntnis der Abscheidungen des kohlensauren Kalkes aus Bicarbonatlösungen. Mit Tafel I und 6 Textfiguren . . . . . 45
—— Berichtigung zu der Arbeit: »Beiträge zur Kenntnis der Abscheidungen des kohlensauren Kalkes aus Bicarbonatlösungen« . . . . . 517
A. Vigier, über den Christianit von Rochenoire (Puy-de-Dôme) . . . . . 130
Thorolf Vogt, Schwerspat aus norwegischen Vorkommen . . . . . 536
T. L. Walker, über die Mineralien Tungstit und Meymacit . . . . . 110
—— und W. H. Collins, über sapphirinführende Gesteine aus den Hill Tracts, District Vizagapatam, Präsidentschaft Madras . . . . . 680
F. Wallerant, über eine neue krystallinische Modification des Eises . . . . . 306
H. S. Washington, Kaersutit von Linosa und Grönland . . . . . 111
—— s. a. G. F. Kunz.
Z. Weyberg, Krystalle der tetragonal-bisphenoidischen Klasse . . . . . 519
E. T. Wherry und W. H. Chapin, Borsäure in Vesuvian . . . . . 126
—— —— die Bestimmung von Borsäure in unlöslichen Silicaten . . . . . 127
W. G. Woolnough, über einige einfache Modelle zum Gebrauch beim krystallographischen Unterricht . . . . . 685
C. W. Wright s. F. E. Wright.
F. E. Wright, drei Contactmineralien von Velardeña, Durango, Mexico (Gehlenit, Spurrit und Hillebrandit) . . . . . 113
—— und C. W. Wright, die Grubenbezirke Ketchikan und Wrangell in Alaska . . . . . 119
Wirt Tassin, Calciumsulfid (Oldhamit) im Allegan-Meteoriten . . . . . 118
—— Chromeisenstein in Meteoriten . . . . . 118
F. Zambonini s. G. T. Prior.
K. Zimányi, über den Pyrit von Sajóháza. Hierzu Tafel III. . . . . 230
—— über ein Aluminiumphosphat von Vashegy im Comitate Gömör . . . 525

# Sachregister.


A.

Ablesung der Netzdichtigkeiten der Krystallflächen, directe tabellar. 377.
Abscheidungen des kohlens. Kalkes aus Bicarbonatlösungen, Beiträge z. Kenntnis ders. 45 ff.
Absorptionsspectra der Kryst. der selt. Erden im magnet. Felde bei d. Temp. des flüss. und festen Wasserstoffs 318.
Absorptionsstreifen eines Krystalls, Variation derselben im Magnetfelde 679.
Acet-Isoeugenol (krystallogr., opt.) 40.
Adamin von Thasos (Formen, Axenwinkel, Analyse) 656.
Adular, Doppelbrechung desselb. 211.
Albit aus dem Lawsonitschiefer v. Marin Co., Californien (Vorkommen, Formen) 550.
Alkalinitratlösungen, spontane Krystallisat. einiger — 694.
Alkalisyenite vom östl. Ontario 682.
Allanit v. Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vork.) 119.
Allegan-Meteoriten, Calciumsulfid (Oldhamit) im — (Analyse) 118.
Aluminiumphosphat v. Vashegy (Com. Gömör, Ungarn) (Analyse) 525.
Alunitlagerstätte bei Réalmont (Tarn) (Vorkommen, Analyse) 306.
Alunogen, Bildung desselben auf einem Meteorit 682.
Alumosilicate, rationelle Terminologie derselben 523.
Ammoniumchromidhexarhodanat (krystallogr., opt.) 24.
Ammoniummolybdänhexarhodanat (krystallogr., opt.) 22.
Ammoniumnitrat, polymorphe Umwandlungen desselben 674.
Ammoniumpikrat (Axenverhältn., Formen) 675.
Analcim (von Montresta, Sardinien) (Formen) 222.
— v. Brödtorp (Formen, Analyse) 541.
Analogie gewisser Orthoklaszwillinge von Four-la-Brouque, Petschau u. v. Fichtelberg 314.
Analyse und chem. Zusammensetzung d. Fahlerze 484.
— u. Classification d. Thone 540.
—, thermomagnetische, von meteorischen u. künstl. Nickel-Eisen-Legierungen 677.
Anatas v. Jequitinhonha River, Brasilien (Formen) 116.
— (innere Structur der Krystalle) 673.
Andesin von Dungannon Township, Ontario (Analyse) 682.
Andradit von Ketchikan, Alaska (Analyse) 119.
Anglesit aus d. Cerro Gordo-District, Inyo Co., Californien (Formen) 114.
— v. Tintic-District, Utah (Formen) 116.
— von der »Eureka Hill-Mine«, Tintic-District, Utah (Formen) 129.
— von Laurium (Formen) 220.
— von Broken Hill, Neu-Süd-Wales (Formen) 684.
Ankerit von Ras Benas bei Berenike, Ägypten (Formen) 317.
Antimonglanz v. Hollister, San Benito Co., Californien (Formen) 115.
Antimonit, Morphologie d. böhm. — 541.
— von Milešov und Přibram (Böhmen) (Formen) 541.
Anwendung einer allgem. Methode zur Darstellung von Fluorverbindungen u. Silicaten auf das Thoroxyd 213.
Apatit von d. Insel Zebirget (St. Johann), Ägypten (Vorkommen) 317.
Aragonit, künstl., Verhalt. desselben bei höherer Temp. 522.
— u. Calcit, verschied. Angreifbarkeit ders. durch Alkalichloridlösungen 210.
Arcanit von Orange County, Californien (Formen) 115.
Argentit v. der California-Grube, Summit Co., Colorado (Analyse) 110.
Arsenige Säure (Triboluminescenz bei d. Krystallisation) 689.

Arsenkies, schwed. Vorkommen desselb. 532.
Atacamit von Paposo, Prov. Antofagasta, Chile (Analyse) 118.
— vom Dugald River, Cloncurry, Queensland (Formen) 684.
Atacamitzwillinge von Collahurasi, Prov. Tarapacá, Chile (krystallogr.) 452.
Äthersalze des Ergosterins, flüssige Krystalle ders. 215.
Ätzfiguren, natürliche, am Herderit vom Epprechtstein 236.
Auflösungsgeschwindigk. fester Körper 524.
Augitkrystalle von Black Head, Gerringong, Neu-Süd-Wales (Vorkommen, Analyse, Formen) 685.
Auripigment v. Mercur, Utah (Formen) 117.
— von der Oase von Khargeh, Ägypten (Vorkommen) 317.
Autunit v. Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vorkommen) 119.
— von Madagaskar (Vorkommen) 310.
Autunitvorkommen in Tonkin 312.
Axinit von Moosa Cañon bei Bonsall, San Diego Co., Californien (krystallogr.; Analysen) 148.
— von d. Consumes Copper Mine, Amador Co., Californien (krystallogr.; Analysen) 153.
— vom Radau-Tale, Harz (Analyse) 156.
— von Bodmin, Cornwall (Formen) 668.
Axiolithe 517.

## B.

Baryt von Cartersville, Georgia (Formen) 116.
— verschied. Fundorte, krystallograph. Notizen über den — 222.
— von Framont [Elsaß] (Formen) 222.
— von Bergheim [Elsaß], Brézouard [Elsaß], Steinbach bei Thann [Elsaß], Grube St. Sylvester bei Urbeis [Elsaß], Lubine [Franz. Wasgau], Flaviac [Dép. Ardèche], (Formen) 223.
— von Cassagnoles [Dép. Gard]; Liskeard [Cornwall]; Montevecchio [Sardinien], Tepatitlan [Mexico], Los Tocayos [in Sombrerete, Mexico], Apishapa [Colorado] (Formen) 224.
— von Thasos (Formen) 657.
Barytkrystalle von der Oase von Khargeh, Ägypten (Formen) 313.
Barytocölestin von Imfeld (Binnen-Tal) (Identität mit Baryt) 657.
Baryumplatincyanür-Tetrahydrat, Krystallform desselben 693.
Basalt von Montresta (Sardinien), Zeolithe desselben 221.
Beauxit von Mc Intyre, Wilkinson Co., Georgia (Analysen) 122.
Beiträge zur Kenntnis orientierter Überwachsungen 183.
Bemerkungen zu d. Arbeit des Prof. Ph. Barbier: »Unters. über die chem. Zusammens. der Kalifeldspäte« und zu d. Arb. v. Barbier u. Prost: »Über die Existenz eines monokl., mit Orthoklas isomorphen Natronfeldspats« 315.
Benitoit, Deutung d. chem. Zusammens. 122.
—, die chem. Formel desselben 122.
—, Notiz über die Krystallform 122.
—, Vorkommen desselben 122.
Benzoyleugenol (krystallogr., opt.) 39.
Bernsteinsäure (krystallogr., opt.) 257.
Bertrandit v. Albany, Maine (Formen) 116.
Beryll von Maharitra, Madagaskar (Vorkommen, Formen, opt.) 309.
— von Torrington (N.-S.-Wales) u. Gulf, Emmaville (N.-S.-Wales) 684.
—, kaliumhaltiger, von Ackworth, New Hampshire 676.
—, Einfluß der Gegenwart von Alkalien auf dessen opt. Eigenschaften 464.
Beziehung zwischen Krystallform und chem. Eigensch. der Pikrylderivate 675.
— zwischen Krystallvolumen u. Dichte d. kryst. organ. isomer. Verbindungen 295.
— zwischen Kupfer u. Pyrit in d. Blei-Kupfererzen von Butte, Montana 120.
— zwischen Thallium und den Alkalimetallen 190.
Beziehungen zwischen den Kalisalzen der Ortho- u. der Paraphenolsulfosäure 297.
— zwischen Dichte und opt. Brechungsvermögen bei festen, krystall. isomeren organ. Verbindungen 243.
Bildung von Geoden; mit Bemerk. über die Silificierung von Versteinerungen 127.
Bityit (neue Mineralart) v. Maharitra, Madagaskar (Vorkommen, opt., Analyse) 309.
Blei v. Pajsberg u. Långbanshyttan (Schweden) (Formen) 527.
Bleihaltige Mineralien der Schlacken von Laurium 248.
Blei-Kupfererze v. Butte, Montana, Beziehung zw. Kupfer und Pyrit in dens. 120.
Blutlaugensalz, gelbes (Kryst. der Kugeln) 427.
Borsäure, Bestimmung ders. in unlöslichen Silicaten 127.
— in Vesuvian (Analysen) 126.
Braunit aus Minas Geraës (krystallogr., Analyse) 543.
Braunstein, chem. Constitution dess. 447.
Brenzcatechin (krystallogr., opt.) 260.
Brochantit aus dem Cerro Gordo-District, Inyo Co., Californien (Formen) 114.
— (?), arsenhaltig, v. Copaquire, Chile ($As_2O_5$-haltig) 118.
— v. Collahurasi, Prov. Tarapacá, Chile (Formen) 459.
2-Bromobenzophenon (Axenverhältnis, Formen, opt. Eigenschaften) 687.
Brookit (innere Structur der Krystalle) 674.

Bulbocapnin (krystallogr., opt.) 27.
Bulbocapninmonomethyläther (krystallogr., opt.) 28.

C.

Calamin v. Leadville, Colorado (Formen) 116.
Calcit v. Bellevue, Ohio (Formen) 116.
— v. Joplin-District, Missouri (Formen) 116.
— v. Mokattam (Ägypten) (Vorkommen) 317.
— v. Piszke (Com. Esztergom, Ungarn) (Formen) 438.
— v. Tatabánya (Com. Komárom, Ungarn) (Formen) 438.
— v. Toroczkó (Com. Torda-Aranyos, Ungarn) (Formen) 438.
— u. Aragonit, verschied. Angreifbarkeit ders. durch Alkalichloridlösungen 210.
Calciumplatincyanür, Krystallform desselben 693.
Calciumsilicate im Cement 448.
Calciumsulfid (Oldhamit) im Allegan-Meteoriten (Analyse) 118.
Caledonit aus dem Cerro Gordo-District, Inyo Co., Californien (Formen) 114.
Cañon Diablo, der Meteor-Krater von — (Zusammensetzung d. Meteoriten) 121.
Carnotit v. Western Routt County, Colorado (Vorkommen) 118.
Cäsium-$\frac{3}{4}$-niobat-14-Hydrat (Krystallform) 125.
Cäsium-$\frac{3}{4}$-tantalat-14-Hydrat (Krystallform) 126.
Cedernkampfer (Cedrol) (krystallogr., opt.) 35.
Cedrol (Cedernkampfer) (krystallogr., opt.) 35.
Cement, Constitution dess. 448.
—, Calciumsilicate im — 448.
Cerussit von der Quartette Goldmine, Searchlight, Lincoln Co., Nevada (Formen) 134.
— von Laurium (Formen) 220.
— v. Franz.-Congo (Formen) 312.
— v. Rézbánya (krystallogr. Verhältn.) 443.
— v. d. Broken Hill-Gruben, Nordwest-Rhodesia (Formen) 664.
Chabasit (von Montresta, Sardinien) (Formen) 222.
— v. Nadap (Com. Fejér, Ungarn) (Formen) 440.
Chalkanthit v. Copaquire, Chile (Vorkommen) 117.
— von Zaječar, Serbien (Formen) 659.
Chalkopyrit v. La Bréole (Basses Alpes) (Vork.) 318.
Chalmersit, Krystallform desselben 205.
Champacol (Guajol) (krystallogr., opt.) 38.
Chemische Constitution d. Pyrits u. Braunsteins 447.
Chemisches Unterscheidungsmerkmal zwischen Orthoklas u. Mikroklin 215.
Chemische Zusammensetzung der Kalifeldspäte (*Li*- u. *Rb*-Gehalt d. Orthoklase) 215.
— des Morinits 220.
— des Nephelins 520.
China Clay [Porzellanthon], Entstehung u. Beschaffenheit desselb. 679.
Chlormanganokalit, ein neues Mineral vom Vesuv (Analyse, Krystallform, opt. Eigenschaften) 664.
Chlornatrium der Oase von Bilma (Analyse) 218.
Chlorophyllit (vom Ufer des Vizézy) (Analyse) 221.
— v. Vizézy (Analyse) 688.
Cholesterin-Sphärolithen, schraubenartiger Aufbau von — 214.
Christianit (Phillipsit) von Rochenoire (Puy-de-Dôme) (Formen) 220.
Chromeisenstein in Meteoriten (Analysen) 118.
Chromit aus dem Marjalahti-Meteorit (Formen, Analyse) 540.
Classification der Mineralien, genetische 120.
Codeïn (krystallogr., opt.) 270.
Cölestin aus San Bernardino County, Californien (Formen) 115.
— v. Mokkatam u. Abou-Roach, Ägypten (Formen, opt.) 313.
Complexe Rhodanide des dreiwertigen Chroms (krystallogr., opt.) 23 ff.
— — d. dreiwert. Molybdäns (krystallogr., opt.) 21 ff.
Constitution des Cements 448.
— des Pyrits u. Braunsteins, chem. 447.
Cordieritgruppe des Puy-de-Dôme, der Loire und der Rhone, über die — 221.
Corydin (krystallogr., opt.) 26.
Cuprisulfat-Pentahydrat (Kupfervitriol) (Krystall. der Kugeln) 431.
Cypressenkampfer (krystallogr., opt.) 36.
Cyrtolith vom Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vork.) 119.

D.

Dahllit u. Podolit (wahrscheinl. Identität) 559.
Danburit v. Maharitra, Madagaskar (Formen, opt., Analyse) 316.
Datolith [Häufigkeit der Formen u. Größe der Flächen] 650.
— (Statistik der Combinationen) 641.
— (Discussion der Formen) 649.
— v. Karadagh (Krim) (krystallogr.) 621.
— v. Westfield (Massach.) (krystallogr.) 624.
— v. Tamarak Mine (Lake Superior, Michigan) (krystallogr.) 629.
— v. d. Serra dei Zanchetti (krystallogr.) 630.

Datolith v. d. Seiser Alpe (Tirol) (krystall.) 632.
— v. Wäschgrund b. Andreasberg (Harz) (krystallogr.) 634.
Dawsonit, ein Natriumthonerdecarbonat (Formen, opt. Eigenschaften, Analyse, Formel) 683.
Descloizit aus der Nähe von Saïda (Oran) (Vorkommen, Analyse) 218.
— v. d. Broken Hill-Gruben, Nordwest-Rhodesia (Formen) 663.
Desmin v. Nadap (Com. Fejér, Ungarn) (Formen, Analysen) 440.
Dévaër Kupfergrube (Com. Hunyad, Ungarn) 444.
Diamant, Umwandlung desselben in Koks durch Kathodenstrahlen 673.
Diamanten in Arkansas (Vorkommen) 121.
Dicäsiumoxypentafluoroniobat (Krystallform) 125.
Dichte und opt. Brechungsvermögen bei fest. krystall. isomer. organ. Verbindg., Beziehungen zwischen — 243.
Dicyandiamid (krystallogr., opt.) 277.
Dimethyl, oxalsaures (krystallogr., opt.) 255.
4.6-Dimethyl-2-oxypyrimidin (Axenverhältnis, Formen, opt. Eigenschaften) 686.
4.6-Dimethyloxypyrimidinnitrat (Axenverhältnis, Formen, opt. Eigenschaften) 686.
Dimorphismus des Salmiaks 515.
— des Schwefels 210.
Dioptas von Mindouli [Franz.-Congo] begleitende Mineralien (Vorkommen) 310.
Dispersion der Doppelbrechung in ihrer Beziehung auf die Structur d. Krystalle 673.
Dithalliumoxypentafluoroniobat (Krystallform) 125.
Dolomitkrystalle von Biskra, Algier (Analyse, Brechungsindices) 678.
Doppelbrechung des Adulars, des Sanidins, des Thomsonits, des Willemits, des Mikrosommits und des Thomsenoliths 210.
Doppelchromsaures Kali, periodische Krystallisation desselben 664.
Doppelsulfat v. Guanidin u. Thonerde 679.
— von Kupfer und Magnesium, v. Copaquire, Chile (Analyse) 117.

## E.

Einfache Methode für Zeichnung v. Kalkspatzwillingen und zur Ableitung der Verhältnisse ihrer Symbole 665.
Einfluß der Gegenwart v. Alkalien im Beryll auf dessen opt. Eigenschaften 464.
— des Pulverisierens auf den Gehalt von Mineral. u. Gest. an Wasser und Eisenoxydul 123.
Eis, neue krystallin. Modificat. desselben 306.
Eis, Zähigkeit desselben 676.
Eisenglanz vom Vesuv (Formen) 665.
Eläolithe a. d. Mariupolit v. Balka Wali-Tarama (Analysen) 520.
— v. Miass (spec. Gew., Analyse) 521.
Elektromagnet, Gebrauch desselben in d. Petrographie 678.
Element, neues, dem Molybdän verwandtes (in Molybdänglanz u. Thorianit) 685.
— —, im Thorianit (»Nipponium«) 685.
Enargit von Alpine County, Californien (Formen) 115.
Endlichit aus d. Nähe von Saïda (Oran) (Vorkommen) 218.
Entfärbung der gelb gefärbten Korunde durch Erhitzen 242.
Entstehung und Beschaffenheit des Porzellanthons [China Clay] 679.
Ephedrin-Phenylthioharnstoff (krystallogr., opt.) 31.
Epidot v. Ketchikan, Alaska (Vork.) 119.
— v. der Consumes Copper Mine, Amador Co., Californien (Vork.) 153.
— v. Camelford, Cornwall (Formen) 668.
—, chromhaltiger (»Tawmawit«) 681.
Epistilbit v. Nadap (Com. Fejér, Ungarn) (Vork., Formen, opt.) 439.
Epsomit v. Wilcox Station, Wyoming (Formen) 116.
Ergosterin, flüssige Krystalle der Äthersalze desselben 215.
Euxenit v. Antranotsiritra (Mont Bandahély), Madagaskar (Vork.) 315.

## F.

Fahlerzanalysen: Horhausen [Westerwald]; Hornachuelos [Prov. Cordoba, Spanien]; Huanchaca [Süd-Bolivia]; Schemnitz [Ungarn]; Grube »Aurora«, Dillenburg [Westerwald]; Kapnik [Ungarn]; Botés [Siebenbürgen]; Schwabengrube bei Müsen [Siegener Land]; Kotterbach [Ungarn]; Groß-Kogel b. Brixlegg [Tirol]; Algier; »San Lorenzo«, Santiago [Chile]; Guanaxuato [Mexico]; »Friederike Juliane« Kupferberg [Schlesien]; »Cook's Kitchen«, Illogan b. Redruth [Cornwall] 502 ff.
Fahlerze, Analyse u. chem. Zusammensetzung ders. 484.
Feldspat (Mikroklin) von Maharitra, Madagaskar (Vorkommen) 307.
Fergusonit vom Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vork.) 119.
— v. Tamatave u. Béforona (Madagaskar) (Vork., Analyse) 315.
»Ferroaxinit« 152.
Feste Lösungen 215.
Fiedlerit von Laurium (Formen, Analyse) 219.
Fluornatrium, krystallisiertes (Villiaumit) in d. Nephelinsyeniten d. Los-Inseln 218.

Fluorthor (Darstellung) 213.
Fluorverbindungen, Anwendung einer allgemeinen Methode zur Darstellung von — auf das Thoroxyd 213.
Flüssige Krystalle der Äthersalze des Ergosterins 215.
Formenreihen des Leadhillits, die — 140.
Formentracht der natürlichen Krystalle, über die — 216.
Fundort von Orthoklas auf Corsika, neuer 314.

G.

Gadolinit vom Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vork.) 119.
Galenit v. Ras Benas b. Berenike, Ägypten (Formen) 317.
Gedrit v. Harcourt, Ontario (Vorkommen, Analyse) 111.
Gehlenit v. Velardeña, Durango, Mexico (opt., Analyse) 113.
Genetische Classification d. Mineralien 120.
Geoden, die Bildung von — 127.
Georgiadesit v. Laurium (Formen, Axenverhältnis, Analyse, opt.) 219.
»Gesetz der mittleren Indices« 217.
Gestreifte Flächen, Nebenapparat z. Goniometer zur Messung von Krystallen mit solchen 672.
Glashalbkugel zu quant. opt. Untersuch. am Polaris.-Mikroskop, Verwend. einer — 225.
Glaukodot von Håkansboda (Schweden) (Formen, Axenverhältnis) 533.
Gletscherkörner (Streifung senkrecht zur Hauptaxe) 678.
Glimmer der Paragonitgruppe, über einen neuen — (»Hallerit«) 214.
Goethit von Přibram (Formen, Axenverhältnis) 659.
Gold, gediegen, v. der »Quartette Gold Mine«, Searchlight, Lincoln Co., Nevada 134.
Granat (Andradit) von Ketchikan, Alaska (Analyse) 119.
— (Spessartin) v. der Oase von Khargeh, Ägypten (Vork., Form.) 317.
— von Bodmin, Cornwall (Zonarstructur, Doppelbrechung) 668.
— von Camelford, Cornwall (Vorkommen, Doppelbrechung) 668.
Große Turmalinkrystalle von Ankaratra, Madagaskar (Formen) 307.
Grossular v. Maharitra, Madagaskar (Vorkommen) 308.
Grünfärbung von Sapphiren durch Radiumbestrahlung 212.
Guajol (Champacol) (krystallogr., opt.) 38.
Guajol-Glycerin (krystallogr., opt.) 43.
Guanidin-Thonerde-Doppelsulfat 679.
Gummit vom Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vork.) 119.
Gyps v. Igmánd (Com. Komárom, Ungarn) (Formen) 438.
Gyrolith v. Grönland (krystallogr., Analysen, Vorkommen) 534.

H.

Halit v. den »Natron-Seen«, Lyb. Wüste, Ägypten (Vork.) 317.
Hallerit (ein neuer Glimmer der Paragonitgruppe) von Mesvres (Analyse) 215.
Hambergit aus Madagaskar (Formen, Brechungsexponenten, Doppelbrechung) 473.
Hamlinit von Diamantina, Brasilien (Formen, Axenverhältnis, Brechungsexponenten) 660.
Hatchettolith (?) vom Bityberg, Madagaskar (Analyse) 310.
Helium in den Mineralien der Salzlagerstätten und dessen wahrscheinliche Beziehung zum Kalium 676.
— und Radioactivität in seltenen und in gewöhnlichen Mineralien 676.
Heliumhaltiger Beryll von Ackworth, New Hampshire 676.
Hemimorphit v. den Broken Hill-Gruben, Nordwest-Rhodesia (Formen) 664.
Herderit vom Epprechtstein mit neuen Formen und natürlichen Ätzfiguren (krystallogr.) 236.
Hessit von Botés, Siebenbürgen (Formen) 659.
Heulandit (von Montresta, Sardinien) (Formen, Analyse, opt.) 221.
— von Nadap (Com. Fejér, Ungarn) (Formen, Analysen, opt.) 440.
Hillebrandit v. Velardeña, Durango, Mexico (opt., Analyse) 113.
Hopeït v. den Broken Hill-Gruben, Nordwest-Rhodesia (Axenverhältnis, Formen, opt. Eigenschaften, Analyse; $\alpha$- und $\beta$-Hopeït) 661.
Hornblende, pneumatolytische, vom Mont Dore, Dép. Puy-de-Dôme (Formen) 449.
Hulsit (neues Zinneisenborat) (Vorkommen, chem., krystallogr.) 1.
Hydrocerussit (von Laurium) (Formen) 220.
Hydrochinon (krystallogr., opt.) 264.

I.

Ilmenit vom Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vork.) 119.
Ilmenorutil v. Ilmengebirge, Evje und Tvedestrand (Analysen, Formen) 666.
Ilvait von Potter Creek, Shasta Co., Californien (Vork, Formen, Analyse) 111.
Innere Structur der Krystalle (Titansäure, Polymorphie u. Isomorphie ders.) 673.
Isapiol (Iso-Apiol) (krystallogr., opt.) 41.
Isocodeïn (krystallogr., opt.) 272.

Isomorphe Körper, über die Stabilität u. Labilität ders. 210.
Iso-Apiol (Isapiol) krystallogr., opt.) 41.

J.

Jadeït in d. Kachin Hills, Ober-Birma (Vork. desselben) 681.
Jamesonit u. Warrenit, chem. Zusammensetzung 562.

K.

Kaersutit v. Linosa und Grönland (Formen, opt., Analysen) 111.
Kalialaun (Kryst. d. Kugeln) 423.
Kalifeldspäte, chemische Zusammensetz. ders. (*Li*- u. *Rb*-Gehalt d. Orthoklase) 215.
—, krystallogr. Notizen über dieselben (neue Zwillinge; seltene Formen) 314.
Kalisalze d. Ortho- und Paraphenolsulfosäure, Beziehungen zw. denselben 297.
Kalkspatzwillinge (Formen von zwei Zwillingen) 666.
—, einfache Methode für Zeichnung ders. 665.
Kaliumaluminiumsulfat-Dodekahydrat (Kalialaun) (Kryst. d. Kugeln) 423.
Kaliumchromidhexarhodanat (krystallogr., opt.) 24.
Kaliumchromisulfat-Dodekahydrat (Kryst. d. Kugeln) 424.
Kaliumdichromat (Kryst. d. Kugeln) 430.
Kaliumhexacyanoferroat (gelb. Blutlaugensalz) (Kryst. d. Kugeln) 427.
Kaliummolybdänhexarhodanat (krystallographisch, opt.) 21.
Kalium-$\frac{1}{4}$-niobat-16-Hydrat (Krystallform) 124.
Kaliumperniobat (Krystallform) 125.
Kaliumsulfat (Triboluminescenz bei der Krystallisation) 689.
Kaliumthorsilicat (Darstell.; Analyse) 214.
Kaliumtrithionat (Krystallform, opt. Eigenschaften) 693.
Kanon. Paralleloëder, Vollend. in der Entwickelung d. Begriffs dess. 100.
Kaolin v. Kovászó (Analyse) 446.
Kaolinbildung und andere Umwandlungsprocesse in den Gesteinen West-Englands (durch Pneumatolyse) 669.
Kaolinit von Anglesey, krystallisierter (ergänzende Notizen) 668.
—, krystallisierter (weitere britische Fundorte) 669.
Kathodenstrahlen, Umwandlung von Diamant in Koks durch dieselben 673.
Kobaltiaminchlorodimethylglyoximin (Kryst. d. Kugeln) 426.
Kobaltglanz v. Riddarhyttan, Håkansboda, Hålbäcksgrube, Nordmarksgruben, Tunaberg, Vena und Gladhammar (Schweden) (Formen) 531.
Kohlensaures Calcium, Beiträge z. Kenntn. desselben 522.
Korund, brauner, von Craigmont, Raglan Township, Ontario (Analyse) 683.
—, synthetischer 670.
Korunde, gelbe; Entfärbung derselb. durch Erhitzen 212.
Krumme Krystallflächen a. d. Phtals. 566.
Krystalle, über die Structur u. Symmetrie derselben 158.
— der Äthersalze des Ergosterins, flüssige 215.
— der tetragonal-bisphenoidischen Klasse 519.
Krystallform des Chalmersits u. des Prehnits, Bemerkungen zur — 205.
— d. Mikroklins (krystallogr., opt.) 466.
Krystalline Schiefer, Physiographie d. Gemengteile ders. 518.
Krystallisation d. Kugeln als besondere Methode d. kryst. Forschung 417.
— v. doppelchroms. Kali, periodische 664.
—, spontane, einiger Alkalinitratlösungen 694.
— —, gemischter Lösungen (Natriumnitrat u. Bleinitrat) 690.
— —, von Natriumsulfatlösungen 691.
Krystallisiertes Fluornatrium als Gesteinselement in d. Nephelinsyeniten d. Los-Inseln 213.
Krystallographische Notizen über d. Baryt verschied. Fundorte 222.
— — über d. Kalifeldspäte (neue Zwillinge; seltene Formen) 314.
Krystallstructur, Grundlagen einer neuen Theorie derselben 321.
Krystallvolumen u. Dichte d. kryst. organ. isom. Verbindg., Beziehungen zw. — 295.
Kugeln, Krystallisation der, als bes. Method. d. kryst. Forschung 417.
Kupfer v. Hesselkula (Nerike, Schweden) (Formen) 526.
— u. Pyrit in den Blei-Kupfererzen von Butte, Montana, Beziehung zw. — 120.
Kupferkies v. Västerås, Nordmark, Taberg, Falun, Insjö, Skottvang, Wassviks, Knolle, Åtvidaberg, Bersbo, Smörum, Gladhammar und Skålö (Formen) 528.
Kupfervitriol (Kryst. der Kugeln) 431.

L.

Lagerstätte von Alunit bei Réalmont (Tarn) (Vork., Analyse) 306.
Lamellare Mineralverwachsungen mit Kalkspat 536.
Lanthanit v. Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vork.) 119.
Laterite aus Brasilien, Analyse derselben 540.
Laumontit vom Moosa Cañon bei Bonsall, San Diego Co., Californien (Vork.) 149.
Laurionit (von Laurium) (Formen) 218.

Lazulith von Maharitra, Madagaskar (Analyse) 310.
Leadhillit, Notizen über die Krystallographie derselben 129.
—, die Formenreihen desselben 140.
— von Schultz, Arizona (Formen) 116.
— von der »Eureka Hill Mine«, Tintic-District, Utah (krystallogr.) 129.
— von Utah (krystallogr.) 129.
— von Nevada (krystallogr.) 134.
— von der »Quartette Gold Mine«, Searchlight, Lincoln Co., Nevada (krystallogr.) 134.
Lepidolith v. Maharitra, Madagaskar (Vorkommen) 308.
Lepidomelan von Monmouth Township, Ontario (Analyse) 682.
Limonit von den Broken Hill-Gruben, Nordwest-Rhodesia (Vork.) 664.
Linarit aus dem Cerro Gordo-District, Inyo County, Californien (Formen) 114.
— von Eureka, Utah (Formen) 116.
Linneït von der Grube Görans bei Bastnäs u. Gladhammar (Schweden) 528.
Lithiumnitrat, gesetzmäßige Fortwachsung desselben auf Manganspat u. Eisenspat 183.
Lithiumturmaline v. Maharitra, Madagaskar (Vorkommen, Formen, opt.) 308.
Lithiumturmalinführende Pegmatitgänge v. Madagaskar, Mineralien derselb. 307.
Lösungen, feste 215.
»Lublinit« (Calcitvarietät) 522.
Ludwigit v. Philipsburg, Montana (Vorkommen, Analysen) 545.
— v. Ungarn (Analysen) 548.

## M.

Magnesit v. Jolsva (Analyse) 447.
Magnesitlager von Californien 119.
Magnet, permanenter, z. Trennung schwachmagnet. Mineralien (einf. Form) 678.
Magnet. Eigenschaften v. Magnetitkrystallen 435.
— Feld, Orientierung der Krystalle durch dasselbe 434.
Magnetitkrystalle, magnet. Eigenschaften ders. 435.
Magnetkies v. Sala u. Nordmark (Schweden) (Formen) 528.
Makintoshit v. Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vork.) 119.
Malakon, ein Zirkoniumsilicat (Analyse) 690.
»Manganoaxinit« 152.
Marrubiin, Krystallform desselben 123.
Matlockit von Laurium (Formen; opt.) 219.
Meerschaum in Neu-Mexico (Vorkommen, Analysen) 118.
Melamin (krystallogr., opt.) 279.
Menthylbenzoat (krystallogr., opt.) 42.
Mesolith (von Montresta, Sardinien) (Analyse) 222.
Metamorphe Mineralien in Kalkgesteinen bei Bodmin und Camelford in Cornwall [a) von Camelford: Axinit, Pyroxen, Granat, Turmalin, Amphibol, Eisenglanz, Zinkblende, Epidot; b) von Bodmin: Granat, Idokras, Epidot, Chlorit] 667.
Meteorit, Alunogenbildg. auf einem — 682.
Meteoriten, Chromeisenstein in — (Analysen) 118.
Meteorkrater v. Cañon Diablo, Arizona (Zusammensetzung der Meteoriten) 121.
α′-Methyl-α-Aethylolpiperidin (krystall., opt.) 43.
Meymacit u. Tungstit (wahrsch. identisch) 110.
Mikroklin, Krystallform dess. (krystallogr., opt.) 466.
— (Feldspat) von Maharitra, Madagaskar (Vorkommen) 307.
Mikroklin a. d. Pegmatiten von Mesvres (Analyse) 688.
Mikroskop, Modell VIb für krystallogr. u. petrograph. Studien, neues 240.
Mikrosommit, Doppelbrechung dess. 212.
Mimetesit v. Eureka, Utah (Formen) 116.
Mineralart, neue, u. die begleitend. Mineralien d. turmalinführend. Lagerstätten v. Madagaskar (»Bityit«) 307.
Mineralfilter, Trennung der Bestandteile einer Lösung mittels Filtrat. durch ein — 120.
Mineralien der lithiumturmalinführenden Pegmatitgänge v. Madagaskar 307.
— der Vesuv-Fumarolen (ergänzende Notiz) 312.
—, die den Dioptas von Mindouli (Franz.-Congo) begleiten 310.
— von Ägypten (Vorkommen u. Formen) 317.
Mineralogie Frankreichs, Materialien zur 318.
— Schwedens, Beiträge zur 526.
Mineralverwachsungen mit Kalkspat, lamellare 536.
Mirabilit v. Lacourt (Ariège) (Vorkommen) 318.
Mittlere Indices der Krystallarten, Bemerkungen über dieselben 217.
Modelle für den krystallograph. Unterricht, einfache 685.
Modification der herrschenden Krystallformen, eine der Ursachen ders. 215.
— des Eises, neue krystallinische 306.
Molybdänglanz v. Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vorkommen) 119.
Molybdänit v. Nadap (Com. Fejér, Ungarn) (Vorkommen) 439.
Monobenzoylbulbocapnin (krystallogr., opt.) 30.
Monokl., mit Orthoklas isomorph. Natronfeldspat 315.

Monokl., mit Orthoklas isomorpher Natronfeldspat (Existenz desselben) 688.
Morinit, chemische Zusammensetzung desselben 220.
Morphologie des böhm. Antimonites, Beitrag zur — 541.

N.

Nakrit (optisch negativ) 669.
Natriumchlorid (Kryst. der Kugeln) 425.
Natriumchromidhexarhodanat (krystall., opt.) 25.
Natriumfluorid (Triboluminescenz) 690.
Natriummetaniobat-Heptahydrat (Krystallform) 124.
Natriummolybdänhexarhodanat (krystall., opt.) 23.
Natriumnitrat, gesetzmäß. Fortwachsung desselben auf Barytocalcit 185.
— und Bleinitrat, Temperaturen d. spontanen Krystallisationen einer Mischung derselben (Bestimmung mit Hilfe des Brechungsindex, 690.
Natriumsulfatlösungen, spontane Krystallisation derselben 691.
Natriumthiosulfat-Pentahydrat (Kryst. der Kugeln) 429.
Natronfeldspat, monokl., mit Orthoklas isomorpher 315.
— — (Existenz desselben) 688.
Natur der Thone 540.
Natürliche Ätzfiguren am Herderit vom Epprechtstein 236.
Nebenapparat für Messung von Krystallen mit gestreiften Flächen am Goniometer 672.
Neotantalit v. Les Colettes (Allier) (Vork.) 318.
Nephelin, chem. Zusammensetzung desselben 520.
— v. Vesuv (Analysen) 521.
Nephelinsyenite vom östlichen Ontario 682.
Nepouit v. d. Insel Zebirget (St. Johann), Ägypten (Vorkommen) 317.
Neptunit v. Californien (Formen) 556.
Netzdichtigkeiten der Krystallflächen, tabellarische Ablesung derselben 377.
Neue Formen am Herderit vom Epprechtstein 236.
Neue krystallinische Modification des Eises 306.
Neue Mineralart und die begleitenden Mineralien der turmalinführenden Lagerstätten v. Madagaskar (»Bityit«) 307.
— v. Franz.-Congo (Planchéit) 340.
Neues Mikroskop, Modell VI b f. krystallogr. und petrogr. Studien 240.
Nickel-Eisen-Legierungen, thermomagnetische Analyse von meteorischen und künstlichen — 677.
Nickeleisenverbindung ($Fe_5Ni_3$) im Meteoreisen von Youndegin und im Meteorstein von Zomba (Möglichkeit des Vorhandenseins derselben) 669.
Niobsaure Salze, Krystallf. einiger — 124.
Nipponium (neues Element aus Thorianit) 685.
Nivenit v. Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vorkommen) 119.

O.

Oldhamit (Calciumsulfid) im Allegan-Meteoriten (Analyse) 118.
Olivenit v. Tintic-District, Utah (Formen) 117.
— v. Collahurasi, Prov. Tarapacá, Chile (Formen) 460.
Olivin von der Insel Zebirget (St. Johann), Ägypten (Analyse, opt.) 317.
Organ. Verbindungen, Beziehungen zwischen Dichte und opt. Brechungsvermögen bei fest. krystallogr. isomer. 243.
Orientierte Überwachsungen, Beiträge zur Kenntnis derselben 183.
Orientierung der Krystalle durch d. magnet. Feld 434.
Orthodinitrotoluol 1.2.4 (krystallogr., opt.) 266.
Orthophenolsulfosaures Kali (krystallogr., opt.) 298.
Orthoklas v. Cargèse (Corsika) (Formen) 314.
— u. Mikroklin, chemisches Unterscheidungsmerkmal zwischen dens. 215.
Orthoklaszwillinge von Four-la-Brouque, Petschau u. v. Fichtelberg, Analogie ders. 314.
Oxalsaures Dimethyl (krystallogr., opt.) 255.
Oxynitrohydrothymin, $C_5H_7O_5N_3$, Krystallform dess. 122.

P.

Paigeït (neues Zinneisenborat) (Vorkommen, Analyse) 1.
Palmierit (Formel desselben) 312.
Paradinitrotoluol 1.2.6 (krystallogr., opt.) 268.
Parahopeït von den Broken Hill-Gruben, Nordwest-Rhodesia (Formen, opt. Eigenschaften, Analyse) 662.
Paralaurionit (v. Laurium) (Formen) 219.
Paralleloëder, kanon., Vollend. in der Entwickelung des Begriffs dess. 400.
Paraphenolsulfosaures Kali (krystallogr., opt.) 299.
Patschoulialkohol (krystallogr., opt.) 34.
Pegmatitgänge, Mineralien d. lithiumturmalinführenden, von Madagaskar 307.
Penfieldit von Laurium (Formen) 219.

Periodische Krystallisation von doppelchromsauren Kali 664.
Perlmutterschwefel 210.
Permanenter Magnet z. Trennung schwachmagnet. Mineral. (einfache Form desselben) 678.
Perowskit v. d. Burgumer Alpe, Pfitsch-Tal (Structur desselben) 670.
Phenakit v. North Chatham, New Hampshire (Formen) 117.
— v. Bald Face Mountain, Chatham, New Hampshire (Formen) 554.
Phenylindoxazen (Axenverhältnis, Formen, opt. Eigenschaften) 687.
Phenylurethan des Weinsäuremethylesters (Krystallform desselben) 689.
Phillipsit (Christianit) von Rochenoire (Puy-de-Dôme) (Formen) 220.
— vom Mont Simiouse (Loire) (Analyse) 313.
— vom Mont Simiouse (Analyse) 688.
Phosgenit (von Laurium) (Formen) 219.
Phtalsäure, krumme Krystallflächen derselben 566.
Physiographie der Gemengteile d. krystallinischen Schiefer 518.
Pikrylderivate, Beziehung zwischen Krystallform und chem. Eigenschaften derselben 675.
Pikrinsaures Ammoniak (Axenverhältnis, Formen) 675.
Pinitkrystalle aus dem Mikrogranulit von Issertaux (Canton Menat) (Formen) 221.
Planchéit, neue Mineralart v. Franz.-Congo (Analyse, Vork., opt.) 310.
Plumosit v. Felsöbánya (Analyse) 445.
Pneumatolytische Hornblende von Mont Dore, Dép. Puy-de-Dôme (Formen) 449.
Podolit u. Dahllit (wahrscheinl. Identität) 559.
Polykras v. Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vork.) 119.
Polymorphe Umwandlungen von Ammoniumnitrat 674.
Porzellanthon (China Clay), Entstehung u. Beschaffenheit desselben 679.
Powellit von Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vork.) 119.
Prehnit, Krystallform desselben 208.
Proustit von der California-Grube, Summit Co., Colorado (Vork., Analyse) 110.
Pseudocodeïn (krystallogr., opt.) 275.
Pseudoephedrin-Phenylthiohamstoff (nicht Pseudoephedrin-Thioharnstoff) (krystallogr., opt.) 33.
Pseudojadeït (= Albitfels) 681.
Psilomelan v. Huiquintipa, Prov. Tarapaca, Chile (Analyse) 117.
Pulverisieren von Mineral. und Gestein., Einfluß desselben auf den Gehalt an Wasser und Eisenoxydul 123.
Pyrit, chem. Constitution desselben 447.
— von Sajóháza (krystallogr.) 230.
Pyrit von Csungány u. Almásel bei Kazanesd (Com. Hunyad, Ungarn) (Analyse, Formen) 441.
— v. Porkura (Ungarn) (Formen) 442.
— v. Déva (Com. Hunyad, Ungarn) (Formen) 445.
— v. d. United Miner's Mine, Major's Creek, N.-S.-Wales (Formen) 685.
— u. Markasitgruppe, Beiträge zur Kenntnis derselben 572.
Pyrolusit v. Lake Valley, Neu-Mexico (Vorkommen) 121.
Pyromorphit v. d. Broken Hill-Gruben, Nordwest-Rhodesia (Vork.) 663.
Pyroxen (Hedenbergit) von Bodmin, Cornwall (Formen) 668.

## Q.

Quarzkrystalle von Pisavuori (Kirchspiel Nilsiä, Finnland) 541.

## R.

Racemate (Triboluminescenz) 690.
Radioactive Mineralien v. Madagaskar 315.
Radioactivität der Uranmineralien 110.
— und Helium in seltenen und in gewöhnlichen Mineralien 676.
Radiumbestrahlung, Grünfärbung von Sapphiren durch — 212.
Rationelle Terminologie v. Alumosilicaten 523.
Realgar v. Mercur, Utah (Formen) 117.
Resorcin (krystallogr., opt.) 261.
Rhodanide des dreiwertigen Chroms, Complexe (krystallogr., opt.) 23ff.
— des dreiwertigen Molybdäns, Complexe (krystallogr., opt.) 21 ff.
Rowlandit vom Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vork.) 119.
Rubidium-$\frac{3}{4}$-niobat-14-Hydrat (Krystallform) 124.
Rubidium-$\frac{3}{4}$-tantalat-14-Hydrat (Krystallform) 126.
Rubidiumtrithionat (Krystallform, opt. Eigenschaften) 694.
Rubine in d. Kachin Hills, Ober-Birma (Vork. derselb.) 681.
Rutil (innere Structur d. Krystalle) 674.
— v. Jequitinhonha River, Brasilien (Formen) 117.
— v. Victor Harbour und Mount Gambier (Süd-Australien) [Formen] 684.

## S.

Safflorit von Tunaberg und Nordmarken (Schweden) (Formen, Axenverhältn.) 533.
Salmiak, Dimorphismus desselb. 515.
Salzlagerstätten, Heliumgehalt der Mineralien ders. 676.

Sanidin (Vesuv), Doppelbrechung desselb. 214.
Sapphire, Grünfärbung derselben durch Radiumbestrahlung 212.
Sapphirin a. d. Hill Tracts, Distr. Vizagapatam, Indien (opt. Eigenschaften, Analyse) 680.
Sapphirinführende Gesteine a. d. Hill Tracts, Distr. Vizagapatam, Präsidentschaft Madras 680.
Scandium (Vork. desselb. in Mineralien d. seltenen Erden) 675.
Scheelit v. Dinan (Côtes-du-Nord) (Vork.) 318.
— v. Přibram (Formen) 659.
Schlacken d. Bleierzschmelze v. Poullaouen (Finistère), Mineral. in denselb. 314.
— v. Laurium, bleihalt. Mineralien ders. 218.
Schmelzfluß, Bildung v. Tridymit a. demselben 316.
Schraubenartiger Aufbau von Cholesterin-Sphärolithen 214.
Schwefel, monokliner 210.
—, Dimorphismus desselben 210.
Schwerspat a. norweg. Vorkommen (Formen, Variationen d. Elemente) 536.
Seltene Erden, Absorptionsspectra d. Kryst. ders. im magnet. Felde bei der Temp. des flüss. u. festen Wasserstoffs 318.
Silberamalgam v. d. Sala-Grube (Schweden) (Formen) 527.
Silberlagerstätten von Lake Valley, Neu-Mexico, Entstehung derselben 121.
Speiskobalt von Ålberga und Tunaberg (Schweden) (Formen) 531.
Sphärolithe, verzerrte 517.
Spinell aus Sapphirinschiefer v. den Hill Tracts, Distr. Vizagapatam, Indien (Analyse) 680.
—, synthetischer 670.
Spontane Krystallisation einiger Alkalinitratlösungen 694.
— — von Natriumsulfatlösungen 691.
— — gemischter Lösungen (Natriumnitrat u. Bleinitrat), Temperaturen ders. und deren Bestimmung 690.
Spurrit v. Velardeña, Durango, Mexico (opt., Analyse) 113.
Stabilität und Labilität der isomorphen Körper, über die 210.
Stilbit (von Montresta, Sardinien) (Formen, Analyse) 222.
Strontiumnitrat (Triboluminescenz) 690.
Structur und Symmetrie der Krystalle, über die — 158.
Strüverit v. Craveggia, Piemont (Formen, Analysen, Formel) 666.
—, Beziehung zum Ilmenorutil 666.
Styphninsäure (Axenverhältn., Formen) 676.
Susannit 140.
Suspensionen (liqueurs mixtes), Wichtigkeit d. opt. Eigensch. ders. v. Standp. der Krystallsymmetrie aus 434.
Symmetrie der Krystalle, über die Structur und — 158.
Synthetischer Korund und Spinell 670.

## T.

Tabellarische Ablesung d. Netzdichtigkeiten der Krystallflächen 377.
Tarbuttit v. d. Broken Hill-Gruben, Nordwest-Rhodesia (Formen, Axenverhältnis, opt. Eigenschaften, Analyse) 663.
Tawmawit (chromhaltiger Epidot) 681.
Tellur aus den Gruben von Balia (Kleinasien) (Vorkommen, Formen) 210.
Temperaturen der spontanen Krystallisationen gemischter Lösungen und ihre Bestimmung mittels des Brechungsindex (Natriumnitrat oder Bleinitrat) 690.
Tengerit v. Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vork.) 119.
Tetragonal-bisphenoidische Klasse, Kryst. derselben 519.
Thallium u. die Alkalimetalle, Beziehungen zwischen denselben 190.
— -Zink-Selenat (krystallogr., opt.) 195.
— -Zink-Sulfat (krystallogr., opt.) 191.
Thenardit v. d. »Natron-Seen«, Lyb. Wüste, Ägypten (Formen, Analyse) 317.
Theorie der Krystallstructur, Grundlagen einer neuen — 321.
Thermomagnetische Analyse von meteorischen und künstlichen Nickel-Eisen-Legierungen 677.
Thomsenolith (Grönland), Doppelbrechung desselben 212.
Thomsonit (Pufler Loch [Tirol], Somma, Cyklopeninseln, Kaaden [Böhmen], Schottland), Doppelbrechung desselben 211.
— (von Montresta, Sardinien) (Vorkommen) 222.
Thone, Analyse u. Classification derselben 540.
—, Natur ders. 540.
Thorogummit v. Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vork.) 119.
Thoroxyd (Darstellung v. Krystallen dess.) 213.
Titansäure (Polymorphie und Isomorphie ders.) 673.
Topas v. Les Colettes (Allier) (Vorkommen) 318.
— v. d. Wolframitgrube Montbelleux-en-Luitré (Ille-et-Vilaine) (Formen) 318.
— von Cow Flat, Torrington (N.-S.-Wales), von Stanthorpe (Queensland), von Pakenham (Victoria) [Formen] 684.
Tremolit, die Rolle des Wassers im — 111.
Trennung der Bestandteile einer Lösung mittels Filtrat. durch ein Mineralfilter 120.
— schwach-magnet. Mineralien mittels permanent. Magnets 678.

Triboluminescenz, Untersuchungen über — (arsenige Säure, Kaliumsulfat, Natriumfluorid, Strontiumnitrat, Racemate) 689.
Tridymit, Bildung dess. aus dem Schmelzfluß 316.
— v. Vesuv (zweifache Bildungsweise dess.) 316.
Trikaliumoxyheptafluoroniobat (Krystallform) 125.
Trimethylbrasileïn, Krystallform desselben 692.
Triphan v. Maharitra, Madagaskar (Formen, opt.) 309.
Trithionate der Alkalimetalle (Krystallform, opt. Eigenschaften) 693.
Trona v. d. »Natron-Seen«, Lyb. Wüste, Ägypten (Formen) 317.
Tungstit und Meymacit (wahrscheinl. identisch) 110.
Turmalin von Crown Point, N. Y. (Formen) 110.
Turmalinkrystalle von Ankaratra, Madagaskar, große (Formen) 307.

U.

Umwandlung von Diamant in Koks durch Kathodenstrahlen 673.
Umwandlungen von Ammoniumnitrat, polymorphe 674.
Ungarische Gypse u. Calcite (Formen ders.) 437.
Unterscheidungsmerkmal zwischen Orthoklas u. Mikroklin, chemisches 215.
Uranmineralien, die Radioactivität ders. 110.
Ursachen, welche die herrschende Krystallform modificieren, über eine der — 215.

V.

Vanadate der Umgegend von Saïda (Oran) (Vorkommen) 218.
Vanadinit aus der Nähe von Saïda (Oran) (Vorkommen, Analyse) 218.
— v. d. Broken Hill-Gruben, Nordwest-Rhodesia (Vork.) 663.
Vanadinitvorkommen bei Magdalena, Neu-Mexico 121.
Variation der Absorptionsstreifen eines Krystalls im Magnetfelde 679.
Verwendung einer Glashalbkugel zu quantitativ. opt. Untersuchungen am Polaris.-Mikroskop 225.
Verzerrte Sphärolithe 517.
Vesuv-Fumarolen, Mineralien der — (ergänzende Notiz) 312.
Vesuvian, Borsäure in — (Analysen) 126.
Villiaumit (kryst. Fluornatrium) v. d. Los-Inseln 213.
Vivianit v. Silver City, Idaho (Formen) 117.
— von Valdic, Böhmen (Formen, Brechungsexponenten, Axenwinkel) 658.
Vorkommen einiger Mineral. in den alten Schlacken der Bleierzschmelze v. Poullaouen (Finistère) 314.
— von mikroskop. Diamantkrystallen im Meeresboden u. in d. Humuserde, über das vermutliche — 213.

W.

Wahrscheinliche Identität v. Podolit und Dahllit 559.
Warrenit u. Jamesonit, chem. Zusammensetzung 562.
Wiikit (approximative Analyse) 675.
Willemit (Moresnet), Doppelbrechung dess. 212.
Wiltshireït, ein neues Mineral v. Binnen-Tal (krystallogr.) 514.
Winkelschwankungen bei Baryt und Cölestin 658.
Wismutocker (Analyse, Formen) 16.
Wulfenit von der »Quartette Gold Mine«, Searchlight, Lincoln Co., Nevada (Formen) 134.
Wurtzit v. Nordmark (Schweden) (Formen) 527.

X.

Xenotim, Variation d. Absorptionsstreifen desselb. im Magnetfelde 679.

Y.

Yttrialith v. Barringer Hill, Llano Co., Texas (Vork.) 119.

Z.

Zähigkeit des Eises 676.
Zeichnung v. Kalkspatzwillingen, einfache Methode dafür 665.
Zeolithe des Basaltes von Montresta (Sardinien) 221.
— v. Nadap (Com. Fejér, Ungarn) (Vorkommen) 439.
Zinkblende v. Tuckahoe, Missouri (Formen) 117.
— v. Nordmark (Schweden) (Formen) 527.
Zinkspat v. d. Broken Hill-Gruben, Nordwest-Rhodesia (Vork.) 664.
Zinn-Eisenborate, zwei neue (Hulsit und Paigeït) 1.
Zinnerzlager auf der Halbinsel Seward, Alaska, Geologie ders. 119.
Zinnstein (innere Structur der Krystalle) 674.
Zusammensetzung, chem., v. Warrenit u. Jamesonit 562.

# Berichtigungen.

## Zu Band 43.

Seite 380 Anm. [1]), Zeile 1 lies: »Nr. 3—9« statt »Nr. 3—8«. Zeile 4 lies: »Nr. 262« statt »Nr. 242«.

Ferner ist hinzuzufügen:

W. T. Schaller und W. F. Hillebrand, Notiz über den Lawsonit, diese Zeitschr. **42**, 291.

- 383 Ausz. 5 ist zu streichen.
- 384 Zeile 2 v. o., S. 385 Z. 10 v. o. und S. 390 Z. 2 v. o. lies: »1905« st. »1895«.

## Zu Band 46.

Seite 409 Zeile 15 v. u. lies: »$\chi = 7{,}9694$« statt »9,9604«.

## Zu Band 47.

Seite 401 Zeile 8 v. o. lies: »Tanatar (in München)« statt »Tanabar (in ?)«.
- 545 - 8 v. u. - »nur an diesem Krystall fanden wir die Formen« statt »wir fanden im Ganzen daran 16 Formen, nämlich«.
- 521, 541, 546, 554, 557 sind die Zeichen $\theta$ und $\vartheta$ verwechselt.
- 689 Zeile 1 v. o. lies: »J. E. Strandmark (in Lund)« statt »A. Fock (in Berlin)«.
- 705 lies: »W. T. Schaller« statt »W. F. Schaller«.

## Zu Band 48.

Seite 33 Zeile 1 v. o. lies: »Pseudoephedrin-Phenylthioharnstoff« statt »Pseudoephedrin-Thioharnstoff«.
- 172 - 18 v. u. lies: »holoëdrisch« statt »hexaëdrisch«.
- 180 - 16 v. u. sind Cis und Trans vertauscht.
- 180 - 8 v. u. lies: »Cisform« statt »Transform«.
- 306 - 9 v. o. - »$K_2O$« statt »$3K_2O$«.
- 316 - 14 und 16 v. u. lies: »$B$ (Bor)« statt »$Be$ (Beryllium).

Umschlag von Heft 2, Zeile 3 v. u. lies: »Geschlossen am 6. März 1910« statt »Geschlossen am 21. Februar 1910«.

# Mitteilung der Redaction.

Bezugnehmend auf das 1887 erschienene Circular an die Leser und Mitarbeiter der Zeitschrift für Krystallographie und Mineralogie (von welchem noch einzelne Exemplare auf Wunsch zur Verfügung stehen) bittet Unterzeichneter, bei den zur Publication bestimmten Zusendungen das Folgende zu beachten.

Die in deutscher Sprache eingehenden Manuscripte gelangen tunlichst in der Reihenfolge des Einlaufs zum Druck. Von englischen oder französischen Manuscripten kann auf Wunsch des Autors durch die Redaction eine Übersetzung besorgt werden, doch bedingt dies natürlich eine Verzögerung der Publication. Keine Aufnahme finden Abhandlungen, welche anderswo in deutscher Sprache erschienen sind oder erscheinen werden, sowie solche, welche den Charakter von »vorläufigen Mitteilungen« besitzen.

Das zu den Manuscripten benutzte Papier ist nur einseitig zu beschreiben.

Die Manuscripte sind gut leserlich zu schreiben und auf die Anordnung von Tabellen, Formeln u. dergl. die größtmögliche Sorgfalt zu verwenden (die erheblichen Correcturkosten, welche Änderungen im Arrangement solcher Teile des Satzes erfordern, fallen, wenn sie durch Undeutlichkeit des Manuscriptes verursacht werden, ebenso wie diejenigen größerer nachträglicher Einschaltungen, dem Autor zur Last). Als Symbole der Krystallformen dienen die Miller'schen mit der Reihenfolge der Axen nach Weiß. Die anzugebenden Winkel sind die der Normalen der Flächen. Citate sind immer möglichst vollständig zu geben, d. h. außer dem Titel des betr. Journals Jahr- und Bandzahl, sowie die Seitenzahl, z. B. »Bull. soc. franç. d. min. Paris 1897, **20**, 172«. Bei Arbeiten, welche seit dem Bestehen der »Zeitschrift« erschienen sind, ist stets das Citat des Referates, z. B. »Ref. diese Zeitschr. **31**, 73« hinzuzufügen (in den Auszügen dürfte das letztere Citat überhaupt genügen).

Alle Figuren sind auf besonderen Blättern beizulegen und zwar jede Figur auf einem eigenen Blatte. Die Zeichnungen sind mit feinem Bleistift auf glattem Papier auszuführen und sollen auch die benutzten Hilfslinien enthalten, da diese dem Lithographen die Controlle der Richtigkeit der Ausführung und der Orientierung der Copie wesentlich erleichtern. Undeutliche Stellen der Zeichnung sind durch beigegebene Skizzen in größerem Maßstabe zu erklären. Figuren, welche in photographischer Reproduction zur Herstellung von Textclichés benutzt werden sollen, können (mit Ausnahme der Buchstaben, welche jedenfalls nur mit Bleistift einzutragen sind) mit

tiefschwarzer Tusche ausgezogen werden, doch ist darauf zu achten, daß die Randlinien der Krystallformen um ca. $\frac{1}{3}$ feiner und die punktierten hinteren Kanten noch schwächer gehalten werden. Sind die Figuren in größerem Maßstabe ausgeführt, so müssen behufs der photographischen Verkleinerung natürlich alle Linien im Verhältnis stärker sein. »Auszügen« können Figuren nur ausnahmsweise beigegeben werden.

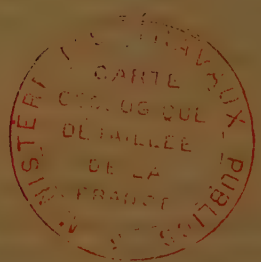
Die Autoren erhalten von ihren Originalmitteilungen 50 Separatabzüge gratis, eine größere Zahl auf Wunsch und gegen Erstattung der Herstellungskosten. Es wird gebeten, die Anzahl der gewünschten Sonderabzüge auf der ersten Seite des Manuscriptes zu vermerken und etwaige spätere Wünsche oder Reclamationen wegen deren Zusendung an die Verlagsbuchhandlung Wilhelm Engelmann in Leipzig, Mittelstr. 2, zu richten.

Die Correcturen sind spätestens innerhalb drei bis vier Tagen nach Empfang von dem Autor zu erledigen und (ohne Manuscript) an den Unterzeichneten zurückzusenden.

Die zum Referat an die Redaction eingesandten Separatabzüge aus anderen Zeitschriften enthalten zuweilen keine Angaben, aus denen der Ort des Erscheinens ersichtlich ist. Behufs genauer Citierung derselben in dem betreffenden Auszuge wird gebeten, den Titel, Jahrgang, Band- und Seitenzahl der Zeitschrift, in welcher sie veröffentlicht sind, auf denselben anzugeben. Arbeiten, aus denen Tabellen u. dergl. im Auszuge wiederzugeben wären, sind womöglich in zwei Exemplaren einzusenden.

München, 6. Brieffach.

Prof. **P. Groth.**



Druck von Breitkopf & Härtel in Leipzig.

Fig. 1.
150 f. Vergr.

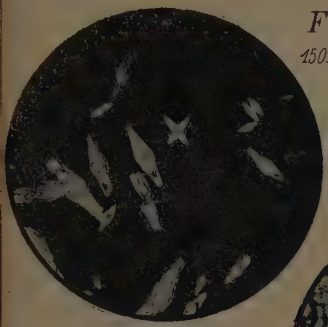


Fig. 2.
150 f. Vergr.

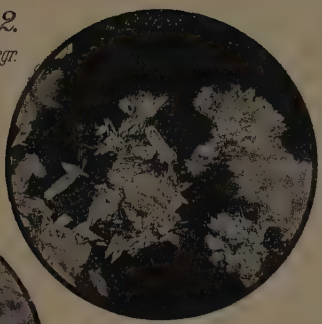


Fig. 3.
125 f. Vergr.

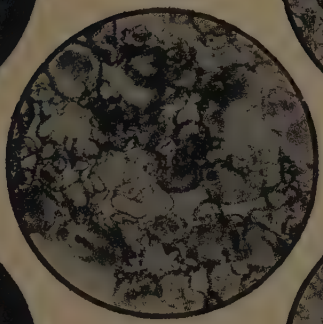


Fig. 4.
125 f. Vergr.

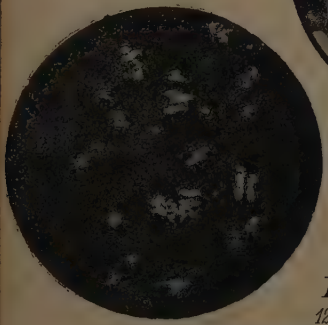


Fig. 5.
60 f. Vergr.

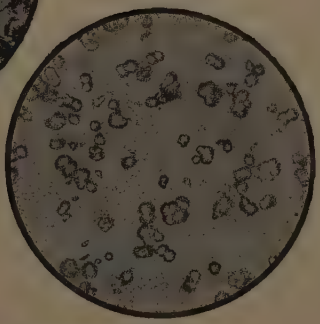


Fig. 6.
125 f. Vergr.

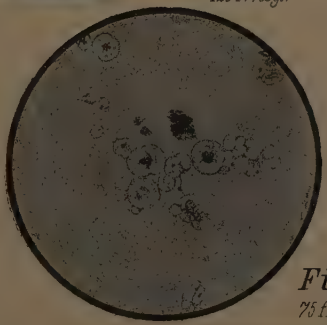


Fig. 7.
125 f. Vergr.



Fig. 8.
75 f. Vergr.



Fig. 9. 135 f. Vergr.

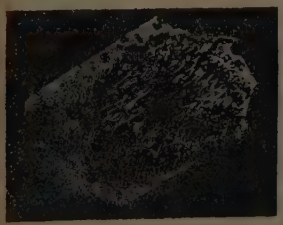
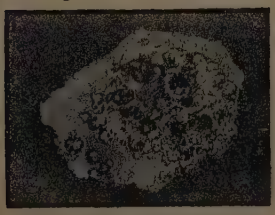


Fig. 10. 75 f. Vergr.



Aut. del.

Lith. Hubert Köhler, München.

Fig. 1.

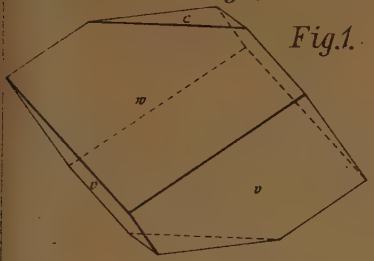


Fig. 2.

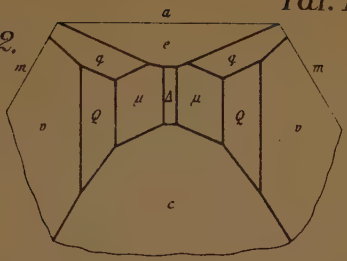


Fig. 3.

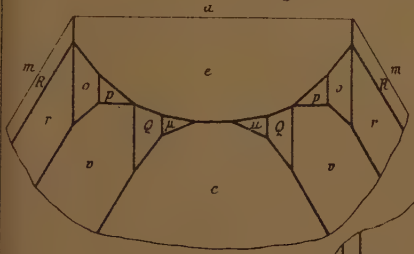


Fig. 4.

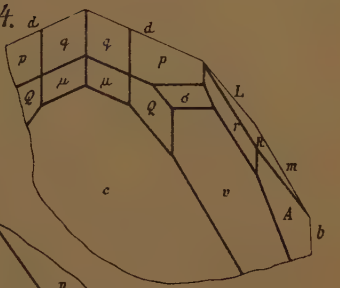


Fig. 5.

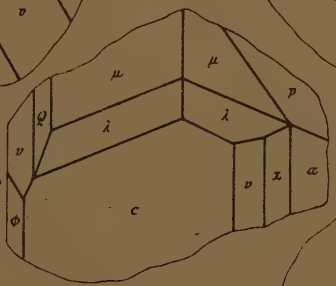


Fig. 8.

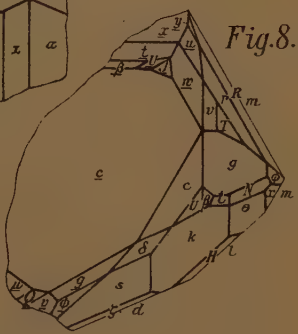


Fig. 6.

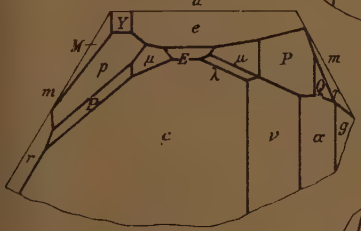


Fig. 7.

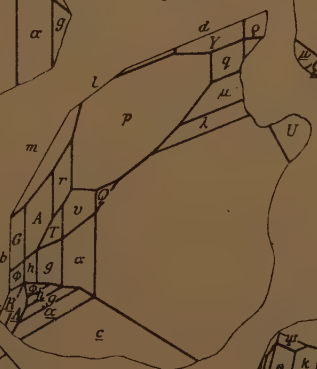


Fig. 9.



Fig. 10.

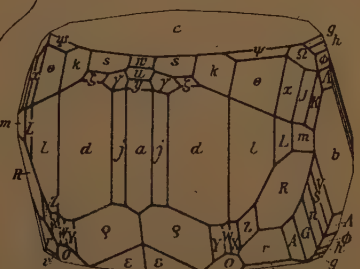


Fig. 1.

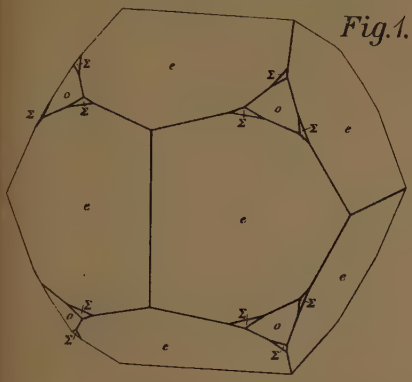


Fig. 2.

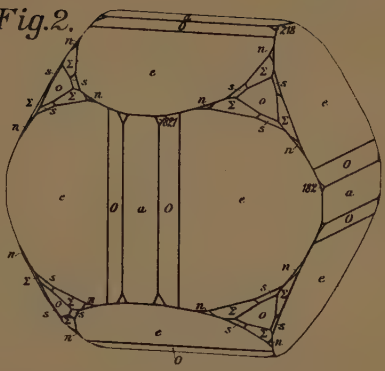


Fig. 3.

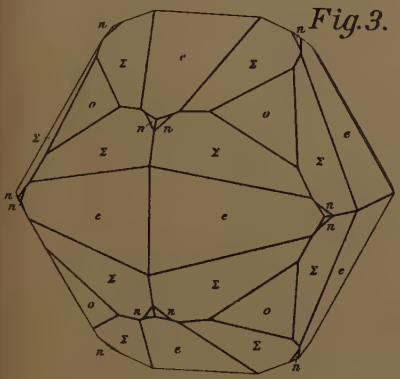


Fig. 4.

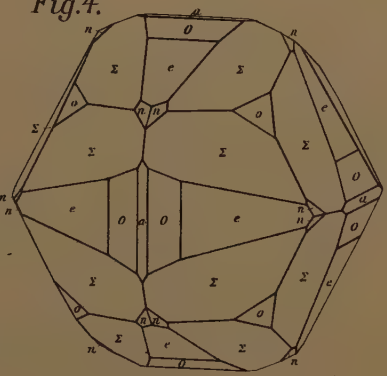


Fig. 5.

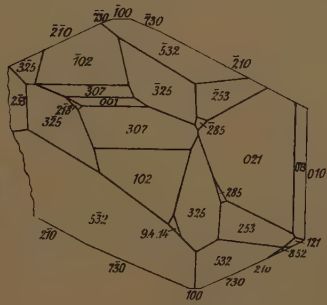


Fig. 6.

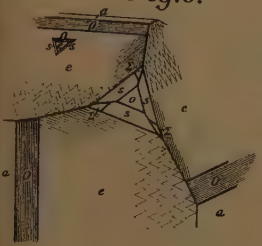


Fig. 7.

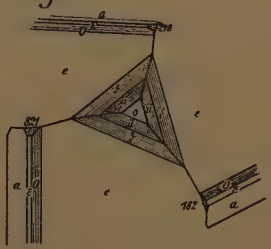


Fig. 9.

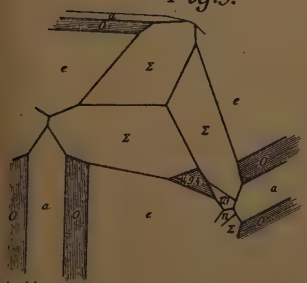


Fig. 8.

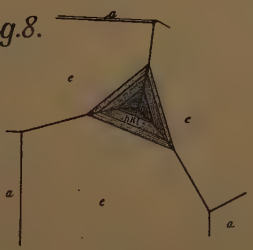


Fig. 10.

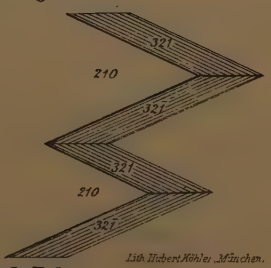


Fig. 1.

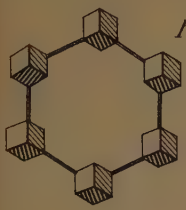


Fig. 2.

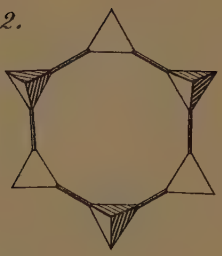


Fig. 3.

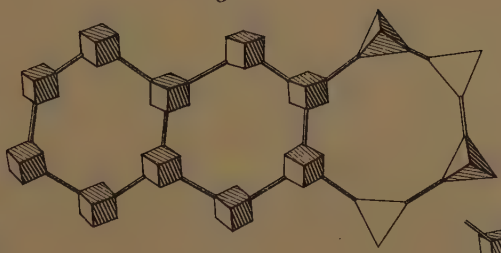


Fig. 4.

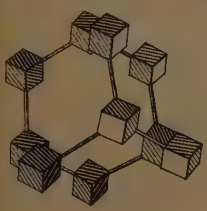


Fig. 5.

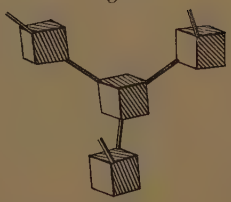


Fig. 6.

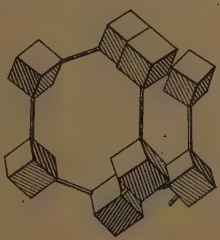


Fig. 7.

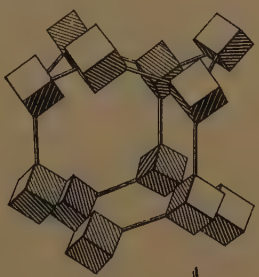


Fig. 8.

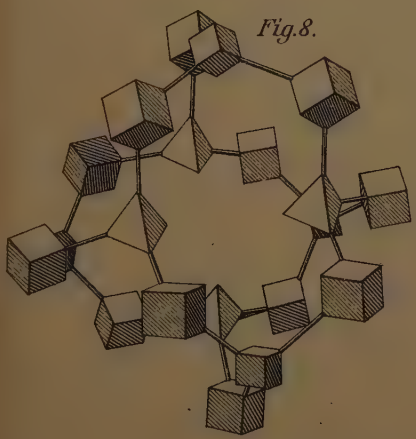
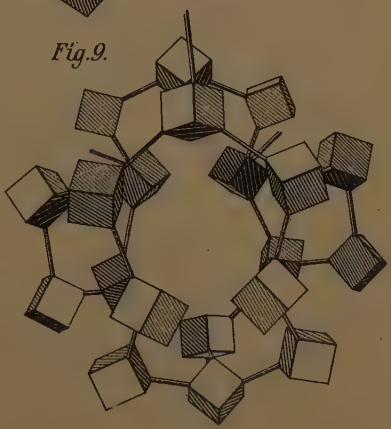


Fig. 9.



Aut. del.

Lith. Hubert Köhler, München

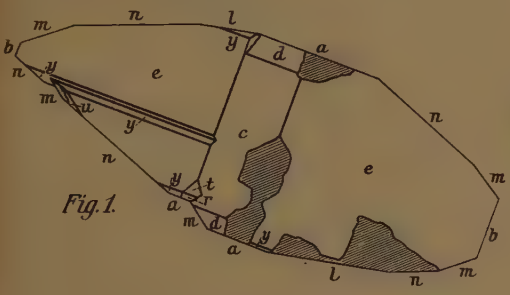


Fig. 1.



Fig. 3.

Fig. 2.

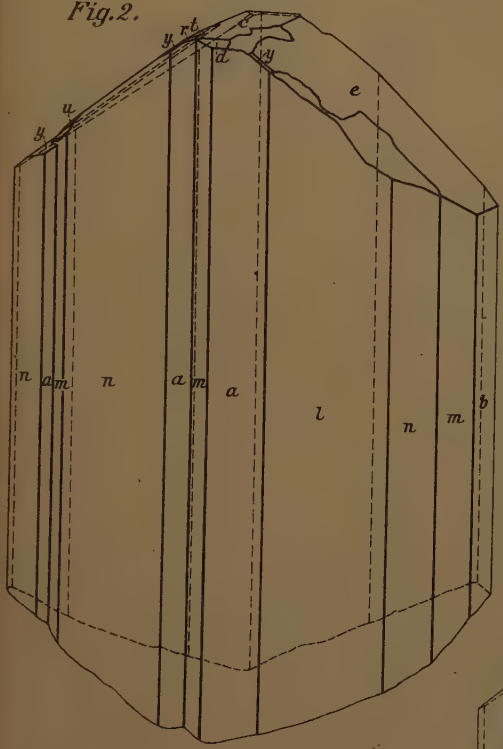
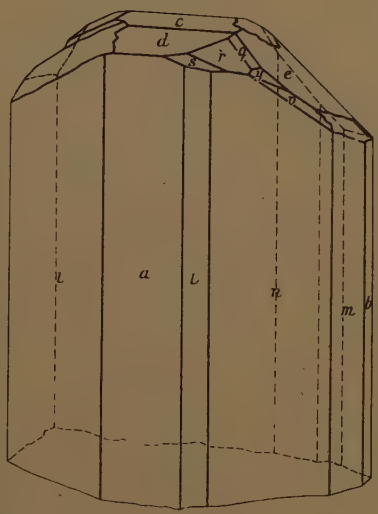


Fig. 4.



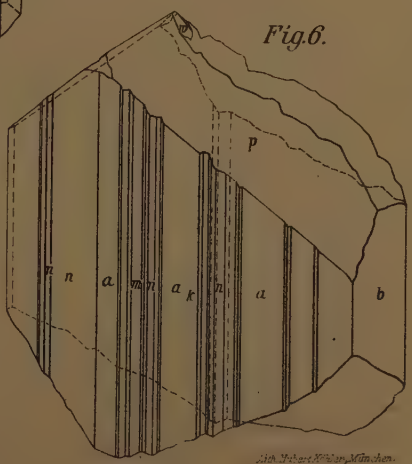


Fig. 6.

Fig. 5.



C. Müller del.

Fig. 1.



Fig. 2.

a b



c d



Lith. Hubert Köhler, München.

Zeitschrift f. Krystallogr. u. Min. 48. Bd.

Fig. 1.

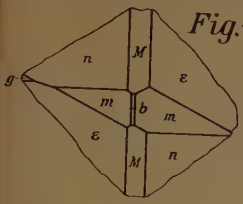



Fig. 2.

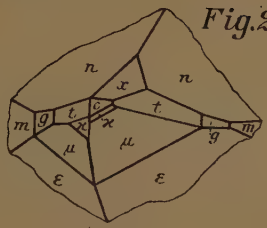



Fig. 3.

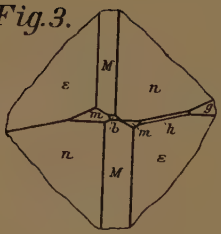



Fig. 4.

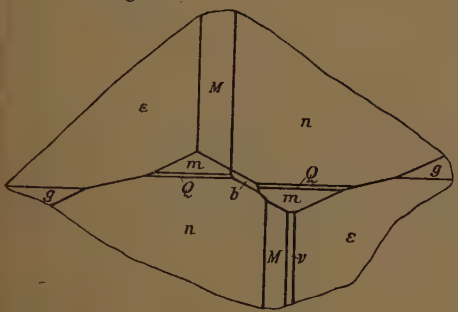



Fig. 5.




Fig. 6.

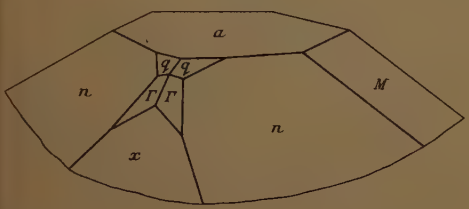



Fig. 7.

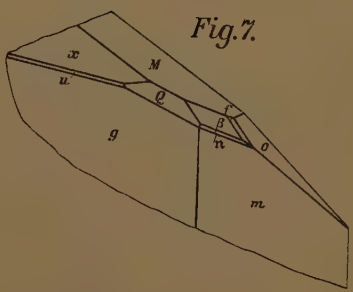



Fig. 8.

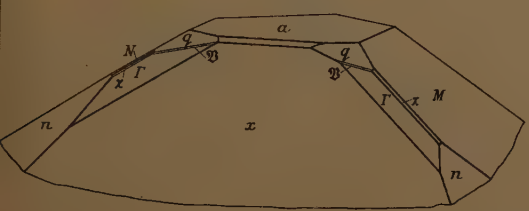
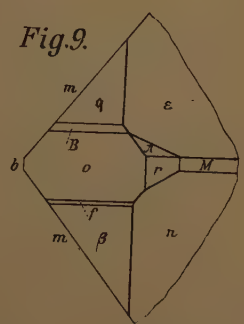



Fig. 9.




Lith. Hubert Köhler, München.

Fig. 10.a

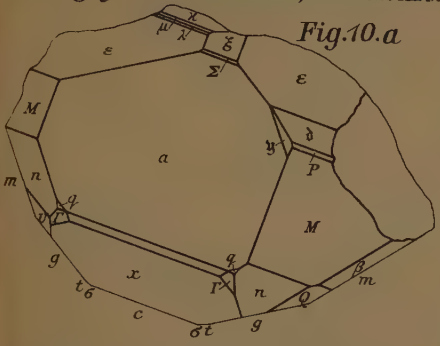


Fig. 11.a

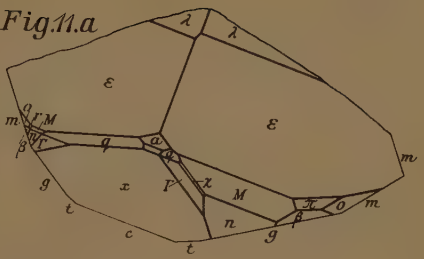


Fig. 10.b

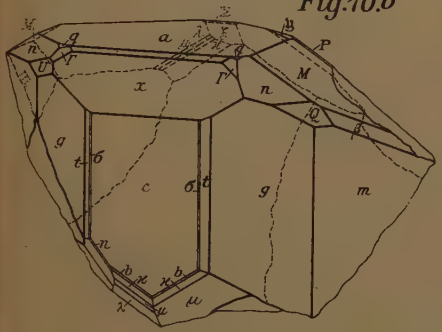


Fig. 11.b

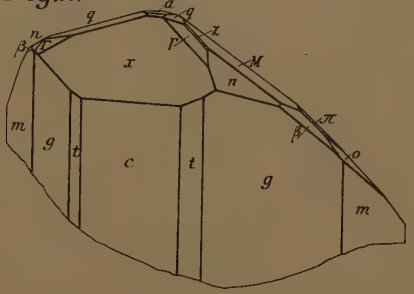


Fig. 12.a

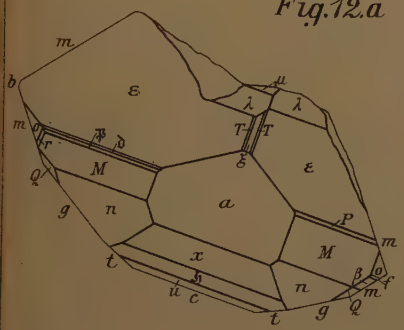


Fig. 13.a

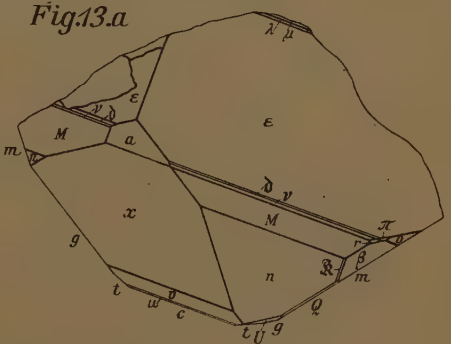


Fig. 12.b

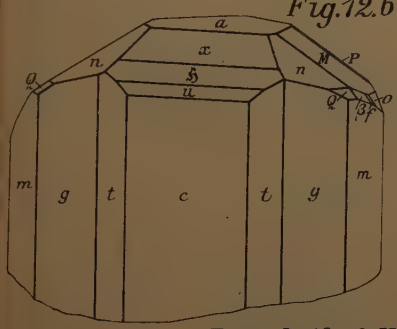


Fig. 13.b





Lith. Hubert Köhler, München.

Fig. 14.a

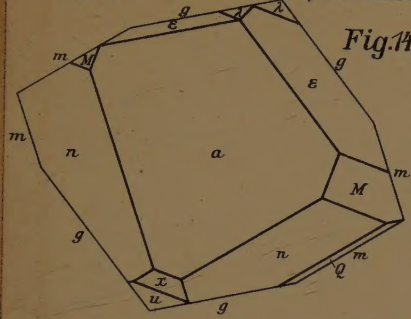


Fig. 15.a

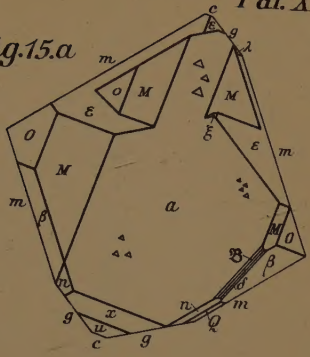


Fig. 14.b

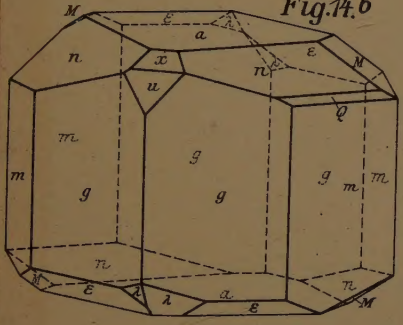


Fig. 15.b

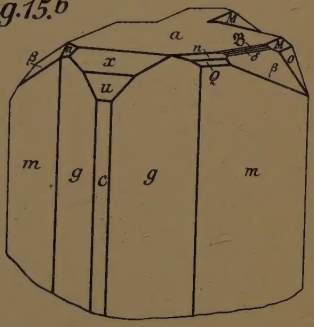


Fig. 16.

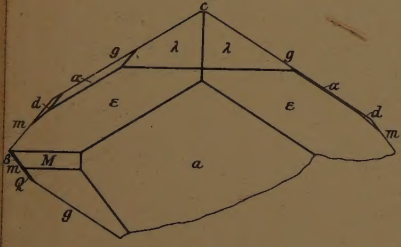


Fig. 17.a

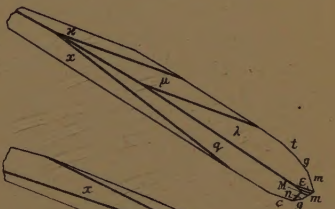


Fig. 17.b

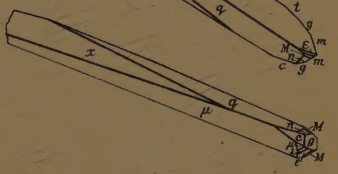


Fig. 18.

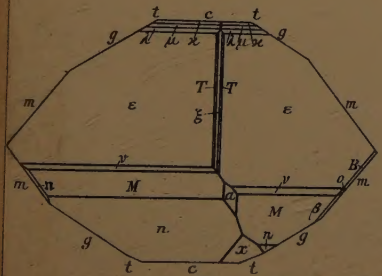
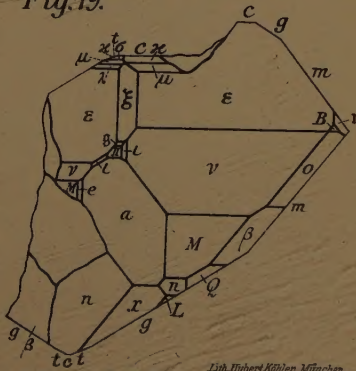


Fig. 19.





Lith. Anstalt Hubert & Kühler, München.

4